



С. Г. Смирнов

**ЗАДАЧНИК
ПО ИСТОРИИ НАУКИ
От Фалеса до Ньютона**

С. Г. Смирнов

Задачник по истории науки.
От Фалеса до Ньютона

Электронное издание

Москва
Издательство МЦНМО
2018

УДК 94.001

ББК 72.3

С50

Смирнов С. Г.

Задачник по истории науки. От Фалеса до Ньютона.

Электронное издание.

М.: МЦНМО, 2018.

359 с.

ISBN 978-5-4439-3170-8

В книгу включено около 600 задач по истории науки от античности до XVII в., список основных событий истории науки и культуры этого периода, а также краткие обзоры развития науки в разные века у разных народов.

Все задачи снабжены краткими схемами возможных решений.

Книга адресована учителям, студентам, школьникам.

Подготовлено на основе книги:

Смирнов С. Г. Задачник по истории науки. От Фалеса до Ньютона. —

М.: МЦНМО, 2017. — 360 с. — ISBN 978-5-4439-1170-0

12+

Издательство Московского центра
непрерывного математического образования
119002, Москва, Большой Власьевский пер., 11,
тел. (499)241-08-04.

<http://www.mccme.ru>

ISBN 978-5-4439-3170-8

© Смирнов С. Г., 2018.

© МЦНМО, 2018.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ. Для чего важна история науки?	5
ЗАДАЧИ и тексты с ошибками	9
РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ и комментарии к текстам с ошибками	153

ЗАДАЧИ РЕШЕНИЯ

1. Рождение греческой науки (Фалес и Анаксимандр)	9	153
2. Диалог арифметики, геометрии и астрономии (от Пифагора до Анаксагора)	16	159
3. Эпоха великих сомнений (от Гераклита до Сократа)	24	166
4. Расцвет греческой науки (от Платона до Евклида)	31	172
5. Александрийская эпоха (от Аристарха до Гиппарха)	41	181
6. Греческая наука после Евклида (Архимед, Эратосфен, Диофант)	48	188
<i>Пифагор</i>	57	195
<i>Архимед</i>	59	197
<i>Плутарх</i>	61	200
7. Наука в античных империях (Македония, Рим, Китай)	63	202
8. Наука в Темные века	72	211
9. Наука в средневековых державах	79	217
10. Западная Европа в эпоху ученичества (от Герберта до Фибоначчи)	87	225
11. Расцвет средневековой науки (от Гроссетеста до Орэма)	94	232
<i>Роджер Бэкон</i>	102	239
12. На пороге Нового времени (XVI в.: от Магеллана до Тихо Браге)	104	241

	ЗАДАЧИ	РЕШЕНИЯ
13. Математика и математическая физика в XVII в. . .	120	255
<i>Пьер Ферма</i>	127	268
<i>Исаак Ньютон</i>	129	270
14. Экспериментальное естествознание в XVII в. (от Галилея до Левенгука)	131	273
15. На стыке философии с наукой (от Ферма до Лейбница)	139	284
ОСНОВНЫЕ СОБЫТИЯ истории науки и культуры		294

Введение

Для чего важна история науки?

«Прошлое интересует нас не потому, что оно прошло, но потому, что, уходя, не умело убрать своих последствий», — так объяснял В. О. Ключевский пользу и смысл изучения истории. Какой истории?

Истории всего, что нас окружает, что для нас важно и чем мы можем гордиться. Такова история моей семьи, история моего родного города или села, история России и тех народов и государств, которые в ней слились; наконец, история человечества, которое за последние десять тысячелетий открыло, поняло или изобрело все, что теперь нам кажется привычным.

«Дважды два — четыре» — это равенство знает каждый первоклассник. Он записывает его цифрами на бумаге — в тетради, с помощью авторучки. Значит, кто-то где-то когда-то изобрел авторучку! Кто-то открыл способ изготовления бумаги! Кто-то впервые сшил бумажные листы в тетрадь! Кто-то изобрел знакомые нам цифры! Кто-то первый узнал, что дважды два — четыре!

Кто, когда, где и, главное, как это сделал? Как возник замысел этих открытий и изобретений? Какие препятствия пришлось преодолеть изобретателю? Как люди занимались арифметикой до того, как появились привычные нам цифры и бумага? Кто придумал эти слова: цифры, арифметика, математика, школа? Всегда ли они означали то же, что сейчас?

Ясно, что эти вопросы относятся к той области, где властвует наука история. Но найти ответы на них в школьном учебнике истории трудно; не легче отыскать их в учебниках математики или физики. Что же делать? Автор этой книги решил, что нужно написать еще один учебник или задачник, посвятив его истории человеческой мысли.

Пусть каждый школьник или студент, взглянув на часы в ожидании конца занятий, сможет вспомнить добрым словом славного голландца Христиана Гюйгенса, который изобрел первые точные часы с маятником — а для этого составил и решил первое дифференциальное уравнение. Он же первый увидел кольцо Сатурна в самодельный телескоп, а потом стал первым президентом Парижской акаде-

мии наук. Такой человек достоин нашей памяти не меньше, чем его знаменитые современники: Оливер Кромвель и Богдан Хмельницкий, патриарх Никон и Исаак Ньютон. Не зря сэр Исаак, не отличавшийся скромностью, одного Гюйгенса считал равным себе среди ученых!

Именно так — в виде цепочки новых фактов или новых смыслов в привычном круге явлений — рисуется нам история науки и техники за последние двадцать шесть веков. Все эти факты и смыслы связаны воедино делами людей — любознательных и упрямых, готовых совершить многолетний упорный труд или быстрый подвиг мысли ради того, чтобы увидеть или понять нечто новое, неведомое никому прежде.

Школьные уроки физики и химии, географии и биологии, математики и истории знакомят нас с научными открытиями, готовят к пониманию трудов и чувств тех людей, которые их совершили. Остается самая малость: включить эти знания в общую картину истории человечества.

Опыт убедил автора в том, что жанр задачника лучше всего подходит для такой цели, поскольку каждая задача — это сценарий диалога между учащимся и природой или, на худой конец, — между учеником и учителем. А диалог и слушать интереснее, чем монолог, и запоминается он лучше, так как пропитан страстями спорящих. Ведь наука — дело не менее азартное, чем спорт или война; к счастью, она не связана с убийством или мучениями других людей. А себя ученый или ученик, конечно, мучит: но не даром, а ради огромного удовольствия открыть новую истину и выбраться из тьмы непонимания. Автор счастлив тем, что много лет сам играет в эту игру и увлекает ею младших братьев по разуму, в основном учеников разных гимназий Москвы и Петербурга.

Полезно заметить, что наука и политика составляют два равноправных и равновозрастных компонента нашей общей культуры, восходящие к античности. Оба понятия возникли в Элладе, но после ее подчинения Риму наука осталась делом греков, а политика перешла в руки римлян — творцов многоэтнической империи. Российская держава является наследницей этой империи (через Византию), а российская (и мировая) наука продолжает греческую традицию, преломленную христианской церковью и культурной революцией Возрождения.

Такой подход позволяет преодолеть в умах старшеклассников или студентов разобщение «точных» и «общественных» наук, по-

что неизбежно возникающее в начальных классах школы. В итоге история становится цельной наукой об эволюции человеческого общества и всех его культурных продуктов, включая те, которые давно живут своей жизнью и развиваются по особым законам.

Автор благодарен всем учителям, которые живым примером учили его науке как смыслу жизни. Сначала это были историк А. Г. Бейлин, математик Н. Л. Токарь и физик В. Л. Раскин в хорошей московской школе № 103. Потом эстафету приняли руководители математических кружков в Московском университете: А. А. Леман (соавитель известного олимпиадного задачника) и Н. Н. Константинов — организатор первых российских физматшкол. За ними вступили в игру преподаватели мехмата МГУ: аналитик В. М. Алексеев (ученик А. Н. Колмогорова) и тополог Д. Б. Фукс (питомец школы П. С. Александрова). Они научили автора этой книги находить удовольствие в маленьких математических открытиях и передавать эту радость школьникам. Они же подготовили автора и его друзей к трудному общению с богатырями научной мысли, тогда молодыми кандидатами наук, а позднее академиками: С. П. Новиковым, В. И. Арнольдом, Ю. И. Маниным. Мы стремились получить их автографы в наши зачетки, чтобы убедить себя и окружающих: мы тоже можем свободно плавать в океане математики или любой другой науки, которая нам понравится!

По воле случая для автора этой книги в ряду важных наук вслед за математикой встали палеонтология и история — благодаря многолетнему тесному общению с выдающимся биологом С. В. Мейеном и оригинальнейшим историком Л. Н. Гумилёвым. Поиски общих закономерностей в эволюции биосферы и общества привели автора к нечаянному, но радостному выводу: одни и те же законы проявляются в развитии народов земли, таксонов биосферы и в повседневном общении учеников с учителем. Полем эксперимента может служить урок истории, математический кружок или прогулка по музею... Главной экспериментальной площадкой стала на много лет прославленная московская физматшкола № 2, а позднее — столь же знаменитая школа № 57 в Москве и Классическая гимназия № 610 в Петербурге.

Долгий опыт привел наконец к рождению предлагаемого задачника. Автор попытался разложить вековую эволюцию научной картины мира в цепь портретов научного сообщества — каким оно было в разные века, в разных регионах Земли. Каждый портрет

составлен из описаний подвигов первопроходцев и размышлений над проблемами, решение которых требовало научного подвига. В наши дни решение многих из этих проблем доступно рядовому школьнику или студенту. Но каждому полезно ощутить, какого труда и напряжения мысли стоили нашим пращурам теоремы, формулы и эксперименты, вошедшие сейчас в учебники или уже заслоненные более яркими достижениями. Кто сумеет вжиться в мучительный процесс рождения новых истин, трудного преодоления заблуждений и редких озарений первооткрывателя — тот по праву почувствует себя хозяином жизни и науки, сможет уверенно вглядываться в неясное будущее человечества.

Автор благодарен коллегам — учителям и ученикам, которые вольно или невольно становились участниками его экспериментов. Это бывали уроки или экзамены по самым разным предметам, всевозможные кружки и олимпиады — одним словом, умственные пиры, где каждый участник встает вровень с беспокойными, упорными и удачливыми творцами науки, счастливыми «невольниками мысли беспощадной». Пусть эти эксперименты продолжатся во всей России, пусть новые любознательные ученики встречают все новых достойных учителей и вместе формируют жизнеспособное общество XXI века!

ЗАДАЧИ И ТЕКСТЫ С ОШИБКАМИ

1. Рождение греческой науки (Фалес и Анаксимандр)

Принято считать, что настоящая наука возникла в Элладе в VI в. до н. э. — в эпоху Фалеса и Пифагора. Не правда ли, странно: ведь за двадцать веков до Фалеса в Египте были построены великие пирамиды! Ясно, что эта работа требовала точных измерений и сложных расчетов; поэтому геометрия и арифметика процветали в Египте задолго до появления греческой науки. Чем же отличалась греческая ученость от мудрости древних египтян или вавилонян?

Сохранившиеся до наших дней египетские папирусы и глиняные таблички Двуречья содержат много геометрических и арифметических задач с решениями. При этом каждое решение выглядит как особый рецепт: если проделать такие-то расчеты, то получится нужный ответ. Почему надо выполнить эти, а не другие действия — этот вопрос нигде не обсуждается. Видимо, для египтян или шумеров арифметика и геометрия были особого рода ремеслами — вроде обжига глиняной посуды или выплавки меди.

Почему при сильном нагреве мягкая глина становится твердой, как камень, а зеленый камень превращается в желтый металл — этого никто в Египте или Двуречье не умел и не пытался объяснить. Точно так же ни один египетский мудрец не пробовал понять, почему в треугольнике с длинами сторон в 3, 4 и 5 локтей наибольший угол — прямой. Таков мир, созданный богами: не подобает человеку доискиваться божией мудрости!

Напротив, эллины считали своих богов человекоподобными существами. У них та же внешность и те же страсти, что у людей; значит, и ход их мыслей может быть понят смертными! В поэмах Гомера (сочиненных в VIII в. до н. э.) боги и люди действуют совместно: то сотрудничают, то соперничают. И если боги создали мир людей, то люди могут понять, как этот мир устроен. Такой взгляд на природу укрепился в Элладе за два столетия до появления первых греческих ученых.

Стиль мышления людей отражается в стиле их жизни. С VIII в. до н. э. в Элладе бурно развивались новые города — полисы, которые мы теперь называем латинским словом «республика». В полисе общественные дела были предметом постоянных обсуждений и споров между гражданами. Победа в словесном споре нередко открывала гражданину путь к власти. Поэтому ораторское мастерство и умение логично рассуждать считались в Элладе важнейшими талантами гражданина, наравне с воинской отвагой и дисциплиной. В такой любознательный мир купцы-путешественники принесли весть о великих достижениях мудрецов Египта и Вавилона.

Эллины приняли эту весть с большим интересом, но без особого доверия: у египтян много чудесных знаний, но столь же много странных суеверий. Например, они считают ласковых кошек и страшных крокодилов богами: это не может быть истиной! Значит, и другие утверждения восточных мудрецов нельзя принимать на веру. Каждое из них нужно обосновать или опровергнуть логичным рассуждением — так, как мы привыкли это делать с политическими проектами наших граждан!

В новом искусстве логической проверки научных фактов первым выделился Фалес — гражданин Милета, расположенного в Ионии, на западном побережье Малой Азии. Фалес жил на рубеже VII—VI вв. до н. э., вероятно, с 625 по 550 г. до н. э. Это время отмечено огромными переменами в мировой политике. Погибла Ассирийская держава, ее наследство разделили халдеи (жители Вавилона), египтяне и мидяне (жители Северного Ирана). Три новых царства соперничали между собой до тех пор, пока их не одолели персы (родичи мидян). Но это случилось уже после смерти Фалеса.

В молодости Фалес много путешествовал по странам Востока. Он побывал в Египте и Вавилоне, а вернувшись домой, увлеченно рассказывал согражданам о чудесах дальних стран. Не во всем Фалесу верили на слово; лишь после того, как в 585 г. до н. э. произошло предсказанное Фалесом затмение Солнца, сограждане прониклись уважением к путешественнику. Вряд ли сам Фалес рассчитал срок грядущего затмения; скорее всего, он лишь передал согражданам результат расчетов, давно проделанных египетскими жрецами.

Зато высоту пирамиды Хеопса по длине ее тени Фалес вычислил сам, легко объяснив согражданам свои рассуждения и расчеты. Так в обиход эллинов вошли свойства подобных треугольников. С их помощью можно разделить отрезок на любое число равных частей

или измерить расстояние до корабля в море, наблюдая его одновременно из двух точек на берегу.

В конечном счете эллины включили имя Фалеса в перечень великих мудрецов Эллады — наравне с легендарными строителями первых городов и учредителями Олимпийских игр, изобретателями алфавита и мореплавания. Ведь Фалес показал грекам, как можно открывать новые научные факты, выводя их из уже известных сведений путем общепонятных рассуждений. С тех пор наука (и прежде всего геометрия) сделалась в Элладе «национальным видом спорта», наряду с состязаниями атлетов-олимпийцев или поэтов-рапсодов.

Мы не знаем, открыл ли Фалес в геометрии или арифметике что-либо новое, неизвестное египтянам и вавилонянам, или он лишь доказывал давно известные утверждения. Но теперь эти знания стали общим достоянием просвещенных эллинов: каждый смысленый и трудолюбивый человек мог быстро повторить открытия древних мудрецов, построив всю известную ученость «с нуля». Этот переворот в системе накопления и упорядочения знаний породил современную науку, и мы вынуждены считать Фалеса если не самым талантливым, то самым удачливым ученым в истории человечества.

Примечательно и то, какие открытия Фалес *не* смог совершить, хотя и пытался. Речь идет не о математике, а о физике, точнее о философии, которая в Элладу составляла одно целое с физикой. Например, мудрецы Эллады считали, что окружающий мир состоит из четырех основных стихий: земли, воды, воздуха и огня. Является ли одна из них первичной — и если да, то какая стихия первична? Фалес был уверен, что вода есть основа всех вещей, но доказать логически это утверждение он, конечно, не смог. Другие философы Эллады полагали основными стихиями воздух (Анаксимэн) или огонь (Гераклит), но и они не смогли обосновать свои убеждения, как это удавалось с геометрическими утверждениями. Так впервые обнаружился *предел применимости* первого метода научной дедукции, но никто из эллинов VI в. до н. э. не придал особого значения этому факту.

Самую дерзкую гипотезу в области физики высказал ученик Фалеса — Анаксимандр. Он предположил, что все наблюдаемые стихии суть разные формы одной природной сущности — *апейрона*, который не имеет ни границ, ни формы и потому не воспринимается нашими органами чувств в чистом виде. В наши дни физики считают, что догадка Анаксимандра была верна. Его апейрон соответствует *вакууму*, который заполняет все пространство и в определен-

ных условиях порождает наблюдаемые, измеримые поля: электромагнитное, гравитационное и др.

В результате взаимодействия этих полей образуются знакомые нам вещества, а сами поля физики в XIX—XX вв. научились измерять приборами и описывать уравнениями с использованием современной алгебры и геометрии. Ничего этого ученые-эллины не могли сделать. Оттого теоретическая физика не возникла в Элладе, а появилась лишь в XVII в., после изобретения математического анализа и торжества экспериментального метода в естествознании.

Вдохновленные примером Фалеса, просвещенные эллины крепко верили в мощь логических рассуждений и расчетов, но слабо доверяли наблюдениям и опытам. Видимо, по этой причине никто в Элладе не решился включить в число природных стихий хорошо известные металлы: золото, серебро, медь, железо, олово, свинец и ртуть, а также неметаллы — уголь и серу. Поэтому химия не оформилась в Элладе как наука. Это случилось тысячелетием позже в исламском мире, где (в отличие от Эллады и Рима) труд ремесленника считался столь же достойным, как труд пахаря, воина или купца.

Из всех ветвей экспериментального естествознания эллины понастоящему увлекались только астрономией и географией. Астрономии им удалось тесно связать с геометрией, на благо обеих наук. Напротив, география оставалась в Элладе строго описательной наукой. Например, Фалес услышал в Египте о том, как недавно (около 600 г. до н. э.) по приказу фараона Нехо финикийские мореходы совершили плавание вокруг Африки. Выйдя из Красного моря, они через три года приплыли в Карфаген, пройдя между Геркулесовыми столбами. В этом рассказе была одна деталь, которую невозможно выдумать: огибая Африку с юга, мореходы видели, как Солнце движется по небу справа налево, а не слева направо, как это привычно для нас. Это значит, что финикийцы действительно побывали к югу от экватора! Но сделать такой вывод не смогли ни Фалес, ни его преемники; в итоге рассказ финикийцев сохранился лишь в «Истории» Геродота, написанной через 150 лет после величайшего географического подвига античности.

Анаксимандр первым из греков попытался составить карту Ойкумены — известной эллинам части Земли. Дело было в середине VI в. до н. э., в эпоху великих персидских завоеваний, когда войска царя Кира достигли реки Инд и степей Средней Азии. Таким образом, Анаксимандру были известны земли от Геркулесовых столбов

(Гибралтара) на западе до Небесных гор (Тянь-Шаня и Гималаев) на востоке, от Крыма и Кавказа на севере до Сахары и Судана на юге. В таком масштабе Землю нельзя считать плоской, и Анаксимандр впервые задумался об истинной ее форме. Он пришел к странному (на наш взгляд) выводу: Земля есть цилиндр с осью, направленной с востока на запад! Проверить такую гипотезу можно лишь сложными измерениями расстояний и углов на местности. Греческим географам VI—V вв. до н. э. это было не под силу, и модель Анаксимандра оставалась умозрительной гипотезой, наравне с гипотезой Анаксагора о том, что Луна и Солнце суть каменные шары: один холодный, другой горячий.

Задачи. Серия 1

- 1.1. Сколько веков отделяют постройку крупнейших египетских пирамид от эпохи Фалеса? Какие фараоны правили тогда в Египте? Что известно о строителях первых пирамид?
- 1.2. Какие геометрические понятия и факты (теоремы) необходимо было знать строителям первых пирамид?
- 1.3. Какие геометрические построения наверняка умели выполнять строители первых пирамид? Какие инструменты они при этом использовали?
- 1.4. Какой срок отделяет Троянскую войну от строительства первых пирамид в Египте? Какие фараоны были современниками Ахилла и Агамемнона? Чем они прославились? Сталкивались ли тогда или позже египтяне с ахейцами? Если да, то где и с каким исходом?
- 1.5. Что нового появилось в греческой культуре в VIII в. до н. э.?
- 1.6. В каких областях культуры финикийцы стали учителями эллинов? У кого учились сами финикийцы?
- 1.7. Назовите несколько городов Эллады, возникших задолго до гомеровской эпохи. Какие города возникли в Элладе после Гомера, но до Фалеса?
- 1.8. Какой срок отделяет Троянскую войну от появления поэм Гомера? Какие анахронизмы в текстах «Илиады» и «Одиссеи» указывают на их позднее происхождение?
- 1.9. Почему поэмы Гомера стали чрезвычайно популярными среди эллинов в VIII—VI вв. до н. э. — намного позже тех событий, которые в них отражены?

- 1.10. Сравните расстояния, которые преодолевали герои «Илиады» по морю по пути в Трою, с теми расстояниями, которые проходили их потомки в VII в. до н. э., совершая путешествие из города в город.
- 1.11. Сравните расстояния между греческими колониями в Средиземноморье и длину пути финикийцев вокруг Африки.
- 1.12. Зачем понадобилось фараону Нехо послать финикийцев в плавание вокруг Африки? Почему этот подвиг финикийцев не привел к регулярному мореплаванию вокруг Африки?
- 1.13. Когда греческие колонии начали превращаться в городские республики — полисы? Какие тексты свидетельствуют об этих событиях?
- 1.14. Перечислите знаменитых современников Гомера в разных странах мира. Какие важные события происходили в это время? Что знал о них Гомер?
- 1.15. Какие государства Ближнего Востока были сильнейшими, когда Фалес был молод? Что изменилось к концу его жизни?
- 1.16. Какие знаменитые деятели Ближнего Востока были современниками Фалеса?
- 1.17. Какие знаменитые эллины были современниками Фалеса?
- 1.18. Кто из известных римлян жил в эпоху Фалеса?
- 1.19. Какие восточные мудрецы были современниками Фалеса? Чем прославились эти люди?
- 1.20. Назовите важнейшие города Эллады в эпоху Фалеса. Где они располагались: на европейском материке, на островах или на побережье Азии? Почему так?
- 1.21. Как можно объяснить появление первых ученых-эллинов именно в Ионии, а не в Балканской Греции и Италии?
- 1.22. Какие из семи чудес античного мира мог видеть Фалес во время своих странствий? Когда появились прочие чудеса?
- 1.23. Как мог Фалес измерить высоту пирамиды Хеопса, не взбираясь на нее?
- 1.24. Мог ли Фалес вычислить объем пирамиды Хеопса? Умел ли он выводить соответствующую формулу?
- 1.25. Как разделить отрезок на семь равных частей, используя теорему Фалеса о пропорциональных отрезках, отложенных на сторонах угла?

- 1.26. Какой способ измерения расстояния до корабля в море с берега придумал Фалес? Какой оптический прибор применяется сейчас для этой цели?
- 1.27. Какие правильные многоугольники умел строить Фалес?
- 1.28. Знал ли Фалес градусную меру углов? Умел ли он строить угол в 1 градус? Если нет, то какой наименьший угол, измеряемый целым числом градусов, он умел строить?
- 1.29. Что мог знать Фалес о числе π ? Знал ли он, что $\pi > 3$ или что $\pi < 4$?
- 1.30. Как могли египтяне и вавилоняне успешно предсказывать солнечные и лунные затмения, не имея даже простой механической модели системы Солнце—Земля—Луна?
- 1.31. Какую модель системы Солнце—Луна—Земля предложил Анаксимен для объяснения затмений? Чем она отличается от современной модели?
- 1.32. Верно ли, что видимый на небе лунный серп состоит из двух дуг окружностей? Если нет, то какова его истинная форма и как ее можно объяснить?
- 1.33. Как можно объяснить пепельный свет Луны, наблюдаемый иногда на не освещенной Солнцем части ее поверхности? Какие погодные условия на Земле благоприятны для наблюдения этого явления?
- 1.34. Чем замечательна первая карта мира, составленная Анаксимандром? Каковы пределы той Ойкумены, которая на ней изображена?
- 1.35. Какие измерения могли бы проверить гипотезу Анаксимандра о форме Земли? Кто, когда и где впервые проделал такие измерения?
- 1.36. Если считать основными стихиями химические элементы, то сколько стихий уже знали мудрецы Эллады? Какое соответствие они установили между веществами и небесными светилами?
- 1.37. Какие природные стихии считались основными в Древней Греции и какие — в Древнем Китае?
- 1.38. Какие природные «стихии» (кроме химических элементов) изучает современная физика?

- 1.39. Какими словами обозначали европейские ученые XVII—XIX вв. простейшую природную стихию, которую Анаксимандр назвал апейроном? Какие из этих слов имеют смысл в современной науке?
- 1.40. Одна из самых известных книг Древней Греции называлась «Стайхейя». О каких «стихиях» в ней шла речь? Кто и когда написал эту книгу? Переведена ли она на русский язык?

2. Диалог арифметики, геометрии и астрономии (от Пифагора до Анаксагора)

В 538 г. до н.э. царь персов Кир захватил Вавилон и объединил все страны Ближнего Востока в новую Персидскую империю. В отличие от ассирийцев, персы не рассматривали покоренные ими народы как своих рабов, не мешали им вести привычное хозяйство и товарообмен. Запрещены были только междоусобные войны, давно истощившие всех участников. Навязав силой общий мир, персы взимали за это умеренную дань с горожан и крестьян. Купцы-путешественники, уплатив пошлину, могли передвигаться по отличным имперским дорогам, не боясь разбойников: персы их истребили, как истребили и фальшивомонетчиков. Греки, обитавшие в полисах Малой Азии, без сопротивления подчинились Киру: давние торговые связи с восточными царствами были для них важнее, чем государственная независимость. Такой порядок на Ближнем Востоке длился два столетия — до тех пор, пока персидскую державу не захватили македонцы.

В обновленном мире греческая наука пережила новый расцвет. Но теперь центр учености сместился из Ионии на запад, в Великую Грецию — созвездие эллинских полисов на южном побережье Италии. Около 540 г. до н.э. Пифагор с острова Самос прибыл в италийский город Кротон и основал здесь научную школу, в равной мере похожую на университет, шахматный клуб и монашеский орден.

Пифагор считал, что ученые — лучшие среди людей, поэтому они должны править в каждом полисе, наставляя местных жителей в науках и ремеслах и привлекая в свои ряды любознательную молодежь. Чтобы стать учеником Пифагора, нужно было сдать трудный экзамен по геометрии и дать клятву беспрекословно подчиняться Учителю. Дискуссии по вопросам науки, политики или религии, происходившие в школе Пифагора, должны были храниться в тайне от посторонних людей.

По отношению к обществу школа Пифагора выступала как одно лицо: все новые открытия приписывались Учителю, а сомнительные гипотезы и нерешенные проблемы не разглашались под страхом тяжкого наказания. Только после смерти Пифагора (около 500 г. до н. э.) созданное им братство разделилось. С этого момента ученые-пифагорейцы, жившие в разных полисах Средиземноморья, стали известны поименно.

Самым важным последствием трудов Пифагора было отделение физики от математики. Физика — это наука о природных телах и их движениях, которые мы наблюдаем глазами и можем направлять руками. Геометрия же имеет дело с *идеальными* объектами. Так, прямая линия — это не луч света и не натянутая струна, а воображаемая фигура, не имеющая толщины. То же самое относится к окружности, плоскости или точке: они открыты только разуму, который может продельвать с ними все воображимые операции. Например, мы говорим о пересечении двух прямых или двух плоскостей, хотя невозможно пересечь две струны или два листа пергамента, не разрушив их.

Итак, все земные тела суть грубые подобия идеальных объектов геометрии. А где мы видим наиболее совершенные тела? Конечно, на небе! Так астрономия стала для Пифагора особым разделом геометрии совершенных пространственных тел. Например, звезды — это яркие точки на темной сфере, равномерно вращающейся вокруг Земли. Сама Земля — шар, но менее совершенный, поскольку на нем возвышаются горы. Солнце и Луна тоже шары: один — светящийся, другой — темный. Они движутся вокруг Земли в одной плоскости, освещая ее и друг друга, а порой заслоняя друг друга; при этом происходят солнечные или лунные затмения.

Чтобы предсказывать затмения, нужно знать отношение периодов обращения Солнца и Луны вокруг Земли, т. е. отношение солнечного года к лунному месяцу. Пифагор был уверен, что это рациональное число, но не смог его рассчитать (это невозможно). Только в середине V в. до н. э. афинянин Метон обнаружил, что 19 солнечных лет равны (или почти равны) 235 лунным месяцам. С этого времени астрономы Эллады предсказывали затмения Солнца и Луны так же успешно, как это издавна умели делать египетские и вавилонские жрецы.

Как же Пифагор пришел к убеждению, что «числа правят миром» и что миром правят именно *рациональные числа*? Видимо, все нача-

лось с простого физического открытия: для того чтобы струны лиры звучали гармонично, отношения длин этих струн должны быть простыми дробями! $\frac{2}{1}$, $\frac{3}{2}$, $\frac{4}{3}$, $\frac{5}{4}$ — таков ряд самых гармоничных чисел; чем сложнее дробь, тем хуже сочетаются звуки.

Это наблюдение Пифагора стало первым фактом новой науки — *математической физики*. Сделать в ней следующий шаг Пифагору не удалось. Он всю жизнь оставался в убеждении, что числа (точнее, дроби) «правят миром», и искал эти дроби повсюду: в геометрии, астрономии, даже в политике. Пифагорейцы потратили много труда в поисках дроби, выражающей отношение длины окружности к ее диаметру. Легко доказать, что это число π больше, чем 3, и меньше, чем $\frac{7}{2}$. Но чему оно равно? Долгое время эллины верили, что истинная дробь равна $\frac{22}{7}$. Но позднее Архимед опроверг эту гипотезу, а еще через двадцать веков Иоганн Ламберт доказал, что число π иррационально. Предположить такое «безобразие» в природе Пифагор был не в силах. Однако столкнуться с иррациональными числами ему все же пришлось.

Пифагор заинтересовался давно известным прямоугольным треугольником с длинами сторон (3, 4, 5) и захотел узнать: есть ли другие треугольники этого рода со взаимно простыми катетами и гипотенузой? Он быстро нашел тройку (5, 12, 13), где сумма квадратов двух чисел равна квадрату третьего числа, потом угадал общее решение:

$$(a^2 - b^2); \quad (2ab); \quad (a^2 + b^2), \quad (1)$$

где a и b — любые взаимно простые числа разной четности.

К этому времени Пифагор умел доказывать теорему, которой потомки дали его имя, и обратную ей теорему: если сумма квадратов двух сторон треугольника равна квадрату третьей стороны, то треугольник прямоугольный. Итак, нашлось бесконечное множество разных «пифагоровых» треугольников с целыми катетами и гипотенузой! Все ли такие треугольники описаны формулой (1)? Выяснить это Пифагор не сумел; лишь через семь веков после смерти Пифагора александриец Диофант доказал, что других «пифагоровых» треугольников нет.

Интересно, что ни Пифагор, ни Диофант не заметили естественного (на наш взгляд!) обобщения задачи о прямоугольных треугольниках: существуют ли тройки взаимно простых чисел (a , b , c), для которых $a^3 + b^3 = c^3$ или $a^4 + b^4 = c^4$? Эта проблема осенила лишь Пьера

Ферма́ в XVII в. при чтении книги Диофанта «Арифметика». С того момента начались драматические попытки доказать великую теорему Ферма́, которые увенчались успехом только в наши дни — в 1994 г.

Конечно, Пифагор не подозревал о том, каких трудов потребуют от будущих математиков проблемы, которых он лишь коснулся. Ему хватало своих неприятностей: они возникали буквально при каждом сопоставлении геометрии с арифметикой! Например, прямоугольный треугольник с равными катетами длины 1: какова длина его гипотенузы? Используя свою теорему, Пифагор сделал вывод: квадрат этой длины равен 2. Но рационального числа с таким квадратом быть *не может*: это легко доказать геометрически (используя подобие треугольников) или арифметически (опираясь на разложение целого числа в произведение простых множителей).

Доказать *единственность* такого разложения Пифагор не умел, но считал этот факт очевидным: ведь целые числа созданы богами, у них не может быть пороков! А если так, значит, гипотенуза равнобедренного прямоугольного треугольника *несоизмерима* с его катетом! Иными словами: целых чисел и дробей недостаточно для изображения длин всех возможных отрезков! Нужно изобрести еще какие-то (*иррациональные*) числа, чтобы охватить арифметикой весь мир геометрических фигур!

Решить эту проблему не смог ни Пифагор, ни его последователи. Создать единую теорию чисел на основе геометрии удалось лишь через полтора столетия (около 350 г. до н. э.) двум ученикам Платона: Евдоксу и Тэтету. Они жили в иную эпоху и не тратили сил на многие заблуждения, портившие жизнь их предшественникам.

Наименьших успехов Пифагор достиг в той сфере, которая его больше всего увлекала, — в астрономии. Всю жизнь он мечтал уловить в движении небесных тел такой же Божественный порядок (гармонию), какой он слышал в звуках струн лиры. Но сама лира и человеческое ухо — довольно сложные физические приборы. Их показания можно обрабатывать с помощью арифметики и геометрии: так Пифагору удалось открыть первый математический закон *акустики*. В астрономии эллинам не хватало точных приборов, дополняющих человеческий глаз. Подобно египетским жрецам, Пифагор располагал лишь простым угломером для измерения высоты светил над горизонтом и не очень точными водяными часами, поэтому точность его наблюдений была невысока. В такой ситуации ученого может выручить хорошая техника вычислений, но эллины

не владели *позиционной* системой записи больших чисел. Сколько-нибудь сложный расчет требовал большого труда и времени, а Пифагор не отличался терпением.

Он предложил очень простую модель Вселенной: между шарообразной Землей и далекой звездной сферой расположены еще семь концентрических сфер, на которых укреплены Луна, Солнце и пять планет (Меркурий, Венера, Марс, Юпитер, Сатурн). Эти сферы обращаются вокруг общей оси с постоянными скоростями. Скорости и радиусы сфер неизвестны. Можно ли подобрать их так, что рассчитанное движение небесных светил совпадет с наблюдаемым? Эта задача не поддавалась усилиям Пифагора и его учеников (позднее выяснилось, что она не имеет решения). Оттого первые крупные успехи в греческой астрономии выпали на долю ученых иного склада: не математиков, а физиков-экспериментаторов.

Первым в их ряду оказался Анаксагор из ионийского города Клазомены. Он родился около 500 г. до н. э., в ту пору, когда умер Пифагор и начались греко-персидские войны. После нескольких лет путешествий и учебы Анаксагор поселился в Афинах. Почему именно там? Видимо, потому, что после побед над персами при Саламине, Платеях и Микале в 480 г. до н. э. отстоявшие греческую независимость афиняне стали образцом для всех эллинов. Тогда молодой историк Геродот приехал из Галикарнаса в Афины, чтобы изучить новое поколение «марафонских победителей», сравнившихся в славе с героями Гомера. Молодой астроном Анаксагор решил, что любознательных героев и их детей стоит обучить настоящей науке, и около 460 г. до н. э. основал в Афинах первую школу естественных наук.

Смолоду Анаксагор увлекся великой задачей: узнать расстояния от Земли до Солнца и Луны. Он верно угадал природу обоих светил: Солнце — раскаленный шар, а Луна — холодный шар, освещаемый Солнцем. Падение каменного метеорита вблизи Афин в 468 г. до н. э. привело Анаксагора к выводу, что Солнце — каменный шар, а метеориты — его осколки. Видимые размеры Солнца и Луны почти равны: это заметно при солнечном затмении. Еще важнее другая подробность: солнечное затмение наблюдается не во всей Ойкумене, а только в части ее. Например, если в Афинах Солнце затмилось полностью, то в Милете затмение будет частичным, а в Египте его вовсе не увидят! Из этих общеизвестных наблюдений Анаксагор сделал оригинальный вывод: Луна гораздо меньше Земли, и ее тень при

солнечном затмении покрывает лишь малую долю Ойкумены. Измерив диаметр этой тени, мы узнаем диаметр самой Луны и диаметр Солнца.

В этом рассуждении верно все, кроме последнего заключения: из совпадения *угловых* размеров Солнца и Луны не следует равенство их *линейных* размеров! Напротив, Солнце (как мы теперь знаем) в 400 раз больше по диаметру, чем Луна, и во столько же раз дальше от Земли. Эта ошибка Анаксагора не позволила ему узнать размер Солнца; в расчете размера Луны он ошибся значительно, но по другой причине.

Дело в том, что расстояния между городами Эллады были известны, но измеряли их в днях корабельного пути. Однако скорость парусного корабля не постоянна, а его путь — не прямая линия. Собрать сведения о происшедшем затмении Анаксагор был вынужден у моряков, прибывших в Афины из разных городов. Но моряки путались в определении наибольшей фазы затмения. В итоге Анаксагор сделал вывод, что диаметры Солнца и Луны почти равны размеру полуострова Пелопоннес (около 300 км). На самом деле диаметр Луны равен примерно $1/4$ диаметра Земли, точнее около 3400 км.

Так завершился около 440 г. до н. э. первый эксперимент в вычислительной астрономии, где здравый смысл и смекалка нередко восполняют пробелы в наблюдениях и неточности вычислений. Несмотря на ошибку почти в 10 раз, для науки это был большой шаг вперед: по сути, родилась экспериментальная физика. Но афинские жрецы думали иначе: Солнце (Гелиос) и Луна (Селена) — это боги; измерять их размеры — богохульство! Анаксагора привлекли к суду, и в 434 г. до н. э. он покинул Афины, опасаясь худшей участи: ведь он не был афинским гражданином.

Из учеников Анаксагора нам известен афинянин Метбн. Он первым из эллинов научился рассчитывать сроки солнечных и лунных затмений на основе 19-летнего цикла, названного циклом Метона (который знали еще вавилоняне и египтяне). Сократа, родившегося в Афинах в 470 г. до н. э., тоже можно считать учеником Анаксагора, хотя бы заочным. Наблюдая поразительные успехи пифагорейцев в геометрии и первые открытия физиков, юный Сократ задумался о возможностях человеческого разума и о пределах этих возможностей. Так он стал первым в Элладе *психологом* научного склада и замечательным учителем. Благодаря его питомцам Афины стали главным интеллектуальным центром Эллады.

Задачи. Серия 2

- 2.1. Какие знаменитые эллины были современниками Пифагора? Чем прославились эти люди?
- 2.2. Какие знаменитые римляне были современниками Пифагора?
- 2.3. Какие восточные правители были современниками Пифагора?
- 2.4. Какие восточные мудрецы были современниками Пифагора?
- 2.5. Что известно о политических взглядах и действиях Пифагора?
- 2.6. Какие способы построения прямого угла знал Фалес? Что нового добавил к этому Пифагор?
- 2.7. Какие построения циркулем и линейкой, неизвестные Фалесу, умел выполнять Пифагор? Какие новые многогранники стали ему известны?
- 2.8. Какие простые доказательства теоремы Пифагора вам известны? Какие из них мог знать Пифагор? Почему он придумал свое, более сложное доказательство (помещенное в учебнике Киселёва)?
- 2.9. Какие натуральные решения уравнения $x^2 + y^2 = z^2$ были, видимо, известны Пифагору? Как их легче всего найти?
- 2.10. Какое общее решение уравнения Пифагора ($x^2 + y^2 = z^2$) можно угадать по двум-трем наименьшим его решениям? Легко ли доказать, что других решений это уравнение не имеет? Кто и когда впервые доказал это?
- 2.11. Как формулируется и как доказывается теорема, обратная теореме Пифагора? Знал ли Пифагор это доказательство?
- 2.12. Как из теоремы Пифагора выводится существование иррациональных чисел?
- 2.13. Как Пифагор доказал несоизмеримость диагонали квадрата с его стороной?
- 2.14. Как реагировал Пифагор на открытие несоизмеримости диагонали квадрата с его стороной? Какие последствия для греческой науки имели его действия?
- 2.15. Приведите примеры чисел, иррациональность которых Пифагор мог доказать. Иррациональность каких чисел Пифагор мог предполагать, но вряд ли умел доказывать?
- 2.16. Знал ли Пифагор понятия «числовая ось» или «числовой луч»? Если нет, то как он представлял себе множество всех чисел?

- 2.17. Вспомните способы построения треугольника по трем медианам и по трем высотам. Какую из этих задач пифагорейцы наверняка умели решать, а какую — вряд ли и почему?
- 2.18. Какие математические открытия сделал Пифагор в музыке?
- 2.19. Какие открытия убедили Пифагора во мнении, что «числа правят миром»? Какой смысл мог вкладывать Пифагор в эти слова? Какой смысл вкладывают в них современные ученые — математики или физики?
- 2.20. Что Пифагор наверняка знал о числе π ? О чем он мог догадываться? Что могли угадать его наследники в Элладе?
- 2.21. Не известно ни одного высказывания Пифагора о том, какая из природных стихий первичная или самая важная. Если Пифагор не занимался этой проблемой, то почему?
- 2.22. Почему мы не знаем ни об одном открытии пифагорейцев в наблюдательной астрономии?
- 2.23. Что известно об отношении Пифагора к богам Эллады? Можно ли считать его безбожником или религиозным реформатором? Как относились греческие жрецы к деятельности пифагорейцев?
- 2.24. Что нового придумал и сделал Пифагор в области обучения молодежи?
- 2.25. Кто из современников Пифагора был ровней ему в сфере научных открытий и кто — в деле научного воспитания молодежи?
- 2.26. Кого из первых натурфилософов Эллады мог бы счесть своим единомышленником Лао-цзы? Что общего в их взглядах на природу?
- 2.27. Известно, что Пифагор не написал ни одной книги. Напротив, Лао-цзы составил письменное изложение своего учения. Как можно объяснить эту разницу?
- 2.28. Составьте от лица Пифагора *апологию*, отвергающую обвинение его в безбожии.
- 2.29. Попробуйте составить диалог между Пифагором и Лао-цзы, в котором они сравнивают свои модели Вселенной.
- 2.30. Попробуйте составить *диалог* между Пифагором и Конфуцием, посвященный роли науки в жизни общества и проблемам воспитания молодежи.

- 2.31. Опишите модель Солнечной системы, которую предложил Пифагор. Какие природные силы породили, по его мнению, именно такую систему? Какие из этих сил признаёт современная физика?
- 2.32. Из каких фактов Пифагор мог сделать вывод о том, какие из природных светил ближе к Земле, а какие — дальше от нее? Верные ли выводы он сделал?
- 2.33. Сколько планет знали астрономы Эллады? Как они отличали их от звезд? Можно ли отличить звезду от планеты за несколько минут наблюдения невооруженным глазом? Какой физический эффект нужно для этого использовать?
- 2.34. Перечислите современников Анаксагора — жителей Афин. С кем из них он был знаком, с кем дружил, с кем враждовал?
- 2.35. Почему Пифагор не пытался измерить размеры Земли или Солнца — а Анаксагору этот замысел пришел в голову и он сумел воплотить его?
- 2.36. Если верна модель солнечных и лунных затмений, предложенная Анаксименом, то почему солнечное затмение не наблюдается в каждое новолуние, а лунное — в каждое полнолуние?
- 2.37. Говорят, что лунные затмения наблюдаются гораздо чаще, чем солнечные. Верно ли это, и если да, то почему?
- 2.38. Какова ширина той полосы на Земле, в которой наблюдается полное затмение Солнца? Насколько ошибся Анаксагор, придя к выводу, что эта ширина равна диаметру Пелопоннеса?
- 2.39. Составьте апологию Анаксагора — защитную речь на суде против обвинения в безбожии.
- 2.40. Допустим, что вам дана машина времени, способная перенести вас в эпоху Пифагора или Анаксагора. Ваша задача — взять у них интервью по проблемам науки. Какие наиболее интересные для вас вопросы вы зададите своему собеседнику? Какие вопросы он, вероятно, задаст вам? Что вы сможете ответить?

3. Эпоха великих сомнений (от Гераклита до Сократа)

В V в. до н.э. греческая наука значительно изменилась. Веком раньше — во времена Фалеса и Анаксимандра — она была увлекательной игрой с новыми объектами и понятиями, в которой чело-

век-исследователь неизменно оказывался победителем. Например, заинтересовался Фалес правильными многоугольниками и тут же нашел способ построения шестиугольника циркулем и линейкой, а позднее Пифагор справился с пятиугольником. Заметил Пифагор один целочисленный прямоугольный треугольник и вскоре построил бесконечное семейство таких фигур. Догадался Анаксимен, что Луна и Солнце — два шара, движущиеся в одной плоскости, и сразу понял природу затмений, а там недалеко до их предсказания...

Казалось, что эта счастливая жизнь — на века. Новый мир идеальных объектов и абстрактных понятий замечательно упростил понимание окружающей природы. Но вскоре физикам и математикам пришлось разбираться в тайнах созданного ими идеального мира: он оказался не намного проще самой природы! Однако остановиться на этом пути было уже нельзя: слишком увлекательные открытия поджидали первопроходцев за каждым поворотом. Так научная работа стала неотъемлемой частью жизни общества, наравне со спортом, политикой и религией.

Первым задумался о тайнах «идеального» мира Гераклит из Эфеса — младший современник Пифагора. Размышляя о связях между разными природными стихиями, он пришел к выводу, что спор о первичности той или иной стихии бессмыслен. Слишком часто стихии переходят друг в друга, и поиск правил, которым подчиняются такие переходы, гораздо интереснее исследования каждой стихии в отдельности. Так развитие природных объектов само стало объектом изучения физики; важность понятия *эволюции* неуклонно возрастала вплоть до наших дней. Сначала физики старались понять движение небесных тел, потом химические превращения веществ, затем развитие Вселенной и человеческого общества.

Сам Гераклит угадал два принципа природной эволюции. Во-первых, наилучшей моделью любого эволюционного процесса ему показалось *пламя*, бушующее в очаге или печи металлурга. Во-вторых, он решил, что огонь — это форма *борьбы* между разными природными силами, или стихиями.

По мнению Гераклита, при изучении любой эволюции нужно сначала выделить противоборствующие силы (или стихии), а потом описать закономерности их борьбы. Лишь после этого можно предсказывать исход такой борьбы либо управлять ею. Так мы разводим костер, чтобы согреться, либо уходим с пути лесного пожара, который бессильны остановить.

Немногие современники Гераклита оценили глубину его идей. Тезис о разделении всех природных процессов на *прогнозируемые* и *управляемые* получил признание лишь в XX в., с появлением компьютеров и кибернетики. Представить движение небесных светил в виде борьбы двух сил — инерции и гравитации — удалось Ньютону в XVII в. Обнаружить сходную борьбу двух элементов — углерода и кислорода — в обычном пламени сумели Кавендиш и Лавуазье в конце XVIII в. В это же время Адам Смит выделил первую (экономическую) закономерность в чехарде общественных сил, которая до того представлялась историкам хаотичной игрой человеческих страстей.

Именно так изобразил греко-персидские войны младший современник Гераклита — Геродот из Галикарнаса, прозванный «отцом истории». Картина получилась яркая, не слабее поэм Гомера. Но у Гомера не было проблем с причинами и движущими силами Троянской войны: все решали боги, которые рассуждали совсем по-человечески.

Геродот не считал себя вправе апеллировать к богам и потому не мог ответить на простой вопрос: почему доблесть афинян и спартанцев остановила натиск персов всего через полвека после того, как доблесть персов покорила весь Ближний Восток? Исключив богов из числа общественных сил, Геродот и его последователи (Фукидид, Ксенофонт) не сумели или не посмели ввести в науку об обществе новые идеальные сущности: экономику и бюрократию, фанатизм верующего и самоуверенность патриота. Вероятно, первые историки предчувствовали: разобраться в универсалиях исторической науки будет еще труднее, чем в универсалиях математики или физики! А в этих двух сферах V в. до н. э. вскрыл такие противоречия, о которых даже Пифагор не догадывался.

Первым взялся за дело Зенон из Элей (все в той же Великой Греции, недалеко от Кротона). Он попытался понять: чем отличается движущееся тело (например, стрела) от такого же тела, покоящегося в той же точке пространства? Вывод был неутешителен: Зенон не смог объяснить это ни себе, ни другим! Не хватает каких-то новых понятий, например *скорости*. А если ввести скорость, то как ее строго определить и как измерить числом?

Так в физике открылась очередная понятийная бездна. Заполнить ее удачно выбранными понятиями Зенон не сумел, поэтому вместо учебника теоретической физики он составил *задачник* по этой науке, сформулировав каждую проблему в виде *апории* (или

парадокса), т. е. явного противоречия двух убеждений, за которыми скрываются разные модели единого мира.

Такова летящая стрела, которую мы не умеем отличить от покоящейся. Таков быстроногий Ахиллес: он не догонит черепаху, пока мы не введем понятие скорости и не научимся суммировать геометрическую прогрессию. Таков отрезок прямой, который то ли допускает, то ли не допускает неограниченное деление пополам...

Для науки XX в. эти парадоксы кажутся несложной игрой ума. Чтобы их решить, достаточно объявить: физическая точка вполне определена своей массой, тройкой числовых координат в пространстве и вектором скорости (итого — семь числовых характеристик). Столь же легко рассчитать, когда Ахиллес догонит черепаху, если есть формула суммы бесконечно убывающей геометрической прогрессии. Стоит предположить, что деление отрезка пополам может продолжаться неограниченно, и мы получим изображение каждого числа бесконечной двоичной дробью. Так можно решить любую научную проблему, вводя новые удачные аксиомы и определения, отражающие существо дела!

Поэтому изобретение новых понятий, вытекающих из существа дела, ученые XX в. считают самой полезной, хотя и самой трудной частью своей работы. В V в. до н. э. эллины только начали учиться этому ремеслу, и не все у них получалось быстро и гладко. Например, Зенон склонялся к гипотезе о возможности неограниченного дробления отрезка прямой или иных природных тел. А если не согласиться с этим мнением? Тогда придется признать существование неделимых частей вещества — *атомов*.

Такую гипотезу предложил младший современник Зенона — Демокрит (460—380 гг. до н. э.). Уроженец города Абдэры во Фракии, он учился в Милете, а потом поселился в Афинах — главном центре греческой учености и иной активности (включая торговлю и войну). Здесь Демокрит основал научную школу и развил атомную теорию до пределов возможного для той эпохи.

Например, он считал, что боги, как и люди, состоят из неделимых частиц — атомов, в промежутках между которыми — *пустота*; что движение атомов подчиняется вечным природным законам, и воля богов тут ни при чем. *Форма* атомов может быть разной, поэтому в природе есть вещества с разными свойствами.

Взаимодействие веществ (будь то растворение соли в воде или горение дерева) Демокрит объяснял *перестановкой* атомов, и в этом

был прав. Но какова форма атомов, каковы их размеры и веса, можно ли изучить свойства *одного* атома железа или соли — об этом Демокрит не мог сказать афинянам ничего разумного (ибо химических опытов не ставил). Афиняне же требовали от учителей философии ответов на все вопросы. Поэтому школа Демокрита не была самой популярной в городе. Ее превосходила школа Сократа, которую позднее возглавил Платон.

Сократ поражал афинян тем, что не стремился ни к власти, ни к богатству и даже не гордился своей ученостью. Он первый среди ученых-эллинов, кто не пожелал заниматься математикой или физикой, хотя силой мысли не уступал Демокриту или Зенону. Видимо, Сократ считал, что в геометрии, астрономии или арифметике просвещенный разум уже достиг главных высот и самых глубоких заблуждений. И теперь интересно узнать, на что способен этот разум в иных областях, будь то политика, религия или мораль. Так Сократ стал первым *психологом* и *социологом*, изучавшим эллинское общество изнутри — путем наблюдений и дискуссий с гражданами разного интеллектуального уровня.

Не удивительно, что вскоре Сократ оказался самым популярным учителем афинской молодежи, хотя не манил учеников обещанием грядущих благ. Он никому не навязывал свое мнение по какому-либо вопросу, но помогал каждому ученику выразить собственное мнение и проверить его путем логичных рассуждений, умело вводя по ходу беседы новые понятия и выясняя их смысл. При этом мыслитель сравнивал себя с акушеркой, которая помогает юной матери родить нового человека, а потом оставляет ее в покое.

Но оставить в покое всех своих сограждан Сократ не хотел и не мог: ведь важно узнать, на что способно множество разных умов, случайно собранных вместе! На какие подвиги оно способно под давлением внешней угрозы, показала война эллинов с персами. Какие глупости оно совершает во время усобиц, выявила Пелопоннесская война между Афинами и Спартой. Конец войны принес афинянам великие бедствия, и городская толпа озлобилась на философа, который не умел ей льстить и не хотел ее утешить. В итоге в 399 г. до н. э. Сократа привлекли к суду, обвинив в безбожии и развращении молодежи — так же, как Анаксагора на 35 лет раньше.

Сократ понимал, что ему грозит, но не принимал никаких мер для своего спасения. Он не стал защищаться от нападок невежд и не ответил им встречным обвинением. Казалось, судебный процесс

Сократ рассматривает как театральное действие, где граждане играют роль судей и учатся на своих ошибках. Обвинение, осуждение, смертный приговор, казнь были столь важны для всех участников (в том числе для учеников Сократа), что на этом фоне личная судьба не особенно беспокоила 70-летнего философа. Он ставил последний и самый значительный в своей жизни социальный эксперимент и был убежден: «С человеком добродетельным не случается ничего дурного ни при жизни, ни после смерти». С этими словами Сократ отклонил предложение тайно бежать из тюрьмы в изгнание и спокойно принял яд за свои убеждения.

Требуется ли научная истина от своего открывателя любых жертв? Эту проблему Сократ оставил на рассмотрение потомков. Сама наука не может решать такие задачи. Однако слово «ученый» — лишь прилагательное к существительному «человек».

Задачи. Серия 3

- 3.1. Что нового внес в научную картину мира Гераклит и что — Анаксимандр?
- 3.2. Сравните философские учения Гераклита и Лао-цзы. Кто из них вернее понимал механизмы развития природы?
- 3.3. Как бы мог ответить Пифагор на вопрос: сколько звезд на небе?
- 3.4. Кто из греческих мудрецов первый начал работать с понятием бесконечности по-научному? Какие задачи математики и физики привели эллинов к понятию бесконечности?
- 3.5. Кем был по складу ума Зенон из Элей: математиком или физиком? Сравните его рассуждения с ходом мысли Гераклита.
- 3.6. Чем отличается подход Зенона к физической картине мира от подхода Лао-цзы? Чей подход оказался более продуктивным в науке?
- 3.7. Какие новые понятия пришлось изобрести европейским математикам и физикам, чтобы разрешить парадоксы Зенона? В какие века это было сделано и кем?
- 3.8. Чем отличается подход Демокрита к физической модели мира от подходов Гераклита и Зенона? Как бы ответил Демокрит на вопросы Зенона о летящей стреле и об Ахиллесе с черепахой?
- 3.9. Составьте отзыв об учении Демокрита от имени Зенона — или наоборот.

- 3.10. Попробуйте составить отзыв об учении Зенона от лица Лао-цзы — или наоборот.
- 3.11. Какая наука более успешно развивалась в Элладе в V в. до н. э. — философия или математика? Почему в VI в. до н. э. положение дел было иное?
- 3.12. Почему историческая наука оформилась в Элладе лишь в V в. до н. э., а не во времена Фалеса и Пифагора? Было ли нечто подобное в истории Рима?
- 3.13. По какому принципу отбирал Геродот те народы и государства, о которых подробно написал в своей книге?
- 3.14. Какие источники фактов использовал Геродот в своей «Истории»? Что он делал в тех случаях, когда сообщения разных источников противоречили друг другу?
- 3.15. Историки XX в. считают, что многие числовые данные в книге Геродота сильно преувеличены, хотя он писал о совсем недавних для него событиях. Как это могло получиться?
- 3.16. Перечислите известных вам афинян, с которыми мог быть знаком Геродот. Кто из них был его другом?
- 3.17. Известно, что Геродот прожил несколько лет в греческих полисах Италии, но ничего не написал о них или о Римской республике. Почему?
- 3.18. Почему Геродот или другие греческие историки той эпохи не оставили подробных историй Ближнего Востока, хотя бы Египта или Ассирии?
- 3.19. Преемником Геродота в исторической науке считают Фукидида. Но подходы этих историков к объекту их науки сильно различались. В чем разница, каковы ее причины?
- 3.20. Составьте отзыв о научном творчестве Геродота от лица Фукидида.
- 3.21. Ксенофонт завершил «Греческую историю» Фукидида. Какие еще книги он написал? Чем отличался его взгляд на историческую науку от взглядов Геродота и Фукидида?
- 3.22. Было ли в Элладе разделение наук на гуманитарные и естественные? Если да, то когда и с чего началось это разделение? Было ли оно неизбежно?
- 3.23. Известно, что в античном Китае не произошло разделения единой философии на естествознание и обществознание. Почему?

- 3.24. Почему Сократ не стал профессиональным ученым в математике, физике или истории? Кого из ученых-эллинов прежних времен Сократ мог бы назвать своим предшественником?
- 3.25. Назовите знаменитых эллинов — современников Сократа. С кем из них он был знаком? С кем дружил?
- 3.26. Известно, что Сократ в принципе не одобрял войну. Но в военных походах он участвовал не по принуждению. Как это объяснить?
- 3.27. Правда ли, что Сократ был безбожником?
- 3.28. Сократ больше всего интересовался человеческой психологией — индивидуальной и массовой. Почему он не пробовал свои силы в политике, где психология проявляется особенно ярко?
- 3.29. Сравните стиль Сократа как учителя со стилями Фалеса и Пифагора в этой области. В чем разница? Каковы ее причины?
- 3.30. Составьте от лица Сократа отзыв о научном творчестве Пифагора или Анаксагора.
- 3.31. Составьте от лица Сократа отзыв о творчестве Геродота или Фукидида.
- 3.32. Составьте от лица Сократа отзыв о Перикле.
- 3.33. Составьте отзыв о Сократе и его согражданах от лица историка Ксенофонта.

4. Расцвет греческой науки (от Платона до Евклида)

В IV в. до н. э. ученое сообщество Эллады достигло высших успехов. Завершилась пора сомнений, началась гонка за научными открытиями, не осложненная философскими размышлениями, которые шли своей, параллельной тропой. Ученые-одиночки исчезли, их место заняли многочисленные научные школы, которые процветали во многих полисах, соперничая между собой. Просвещенные горожане гордились учеными-соотечественниками так же, как знаменитыми спортсменами; ни один талантливый учитель не жаловался на недостаток учеников. Сам процесс обучения обрел устойчивую форму. На смену тайному обществу пифагорейцев и дискуссионному клубу Сократа Платон организовал в 387 г. Академию с ежедневными занятиями в священной роще, регулярными экзаменами

и широкой публикацией новых открытий всех участников. Афинская академия действовала без перерыва более восьми веков — до самого конца античности. Основу учебной программы в ней составляла геометрия с многообразными приложениями, но немалое внимание уделялось естествознанию и гуманитарным наукам.

В отличие от Пифагора, Платон не был выдающимся математиком и не стремился прослыть таким. Он предпочитал ставить перед учениками оригинальные задачи и поддерживал их искания ради общей славы Академии, поэтому многие ученики превосшли учителя. Так, афинянин Тэтет впервые доказал, что существуют лишь пять правильных многогранников: тетраэдр, куб, октаэдр, додекаэдр, икосаэдр. Все эти тела (кроме тетраэдра) встречаются в природе как формы кристаллов пирита FeS_2 , но доказательство Тэтета потребовало сложных геометрических рассуждений. Платон пытался связать число правильных многогранников с числом природных стихий или известных планет, но этот философский поиск не дал научных результатов.

Тэтет предпринял попытку создать теорию иррациональных чисел, выделив решения квадратных и кубических уравнений. Этот путь (ведущий в алгебраическую теорию чисел) не был пройден эллинами до конца из-за неудачной системы обозначений целых и дробных чисел.

Другой (геометрический) путь к теории иррациональных чисел был пройден до конца Евдоксом из Книда, которому довелось учиться и у пифагорейцев, и у Платона. Евдокс рассуждал просто и прямо: если не удастся измерить длины всех отрезков рациональными числами, то надо определить сами числа через длины отрезков! Назовем *числом* отношение длин двух произвольных отрезков и определим арифметические действия с такими числами.

Этот план удался, но по конструкции Евдокса не было видно, сколь велико множество всех (положительных) чисел и какие еще возможны числа, кроме изображающих решения квадратных и кубических уравнений. Полная ясность в этой проблеме наступила только в 1870-е годы, когда Георг Кантор создал общую теорию множеств и доказал, что *большинство* точек прямой изображают иррациональные (и даже трансцендентные) числа.

Евдокс также первый *вывел* формулу объема пирамиды. Она была *угадана* еще египтянами, ее строгий вывод был намечен Демокритом путем *бесконечного* «исчерпывания» пирамиды вписанными

в нее призмами. Но четкое оформление этого метода требует аккуратной арифметики в предельном переходе. Этот результат Евдокса стал первым шагом к созданию интегрального исчисления, следующий шаг на этом пути сделал Архимед в III в. до н. э.

Вернувшись из Афин на родину, Евдокс основал свою школу и занялся математической астрономией. Он хотел рассчитать истинное движение планет среди звезд. Первым шагом к этой цели стало создание точной *карты* звездного неба. Она включала около 300 ярких звезд и была оформлена не в виде рисунка, а в виде числовой таблицы, которую гораздо легче сохранить без искажений. Евдокс задал положение каждой звезды на небе двумя угловыми координатами (широтой и долготой), измерив их с точностью до одного градуса (это вдвое больше углового размера Луны). Так метод числовых координат был впервые успешно введен в геометрию. Лишь неудачная система записи чисел не позволила Евдоксу достичь в этой области таких результатов, каких в XVII в. достиг Декарт.

Наблюдая и рассчитывая движение планет среди звезд, Евдокс вскоре убедился, что схема Пифагора с концентрическими сферами неверна. Планеты (особенно Марс и Юпитер) движутся либо не по окружностям, либо неравномерно. Венера и Меркурий никогда не бывают далеки от Солнца на небосводе. Это легко объяснить, предположив, что они обращаются вокруг Солнца и только вместе с ним обращаются вокруг Земли. Но если так, то нельзя ли объяснить по этой схеме движение Марса и Юпитера? Евдокс предположил, что Марс равномерно движется по окружности, центр которой (не отмеченный на небе никаким светилом) равномерно обращается вокруг Земли по другой окружности — *эпициклу*. Потом Евдокс усложнил эту модель, введя для каждой из дальних планет не один, а несколько промежуточных эпициклов.

В итоге Солнечная система уподобилась сложному механизму из катящихся друг по другу сфер или окружностей — наподобие механических часов с зубчатой передачей (изобретенных только в XVIII в.). Эллины времен Евдокса не умели строить столь сложные механизмы с достаточно высокой точностью, но позднее (в эпоху Архимеда) такие *планетарии* появились; их движение неплохо согласовалось с движением небесных светил. Нам сейчас кажется странным такое совпадение — ведь схема Евдокса была принципиально неверна, планеты движутся в пространстве иначе! Как может *неверная* модель удачно предсказывать наблюдаемые явления?

Эта тайна открылась математикам лишь в начале XIX в., когда Жозеф Фурье представил любую периодическую функцию в виде суммы ряда из синусов и косинусов с убывающими периодами. Оказалось, что Евдокс и его преемники (особенно Гиппарх — двумя веками позже) бессознательно разлагали периодическое движение планет в ряд Фурье, обрывая разложение на втором, третьем или четвертом слагаемом, т. е. не доводя до конца строгий метод «исчерпывания», чтобы не погрязнуть в слишком сложных расчетах. Так идеи и методы математического анализа постепенно и незаметно проникали в классическую математику античного мира.

Третий знаменитый ученик Платона, Аристотель из Стагиры, не занимался геометрией и астрономией, не желая соперничать с такими богатырями, как Тэетет и Евдокс. Не хотел Аристотель спорить и с философской теорией Платона об особом мире *идеальных* объектов, которые открываются только человеческому разуму; искаженные копии этих объектов составляют земной мир. Аристотель увлекся теми разделами естествознания, где точные измерения и расчеты не удаются, и потому привычная математика в них еще не проникла.

Ясно, что осваивать эти новые миры нужно в два этапа: сначала классифицировать основные объекты, потом угадывать важнейшие свойства этих объектов, формулируя их в виде *аксиом* и выводя из них новые факты. Эту программу Аристотель с разным успехом пытался воплотить в физике, биологии и политике.

В *механике* Аристотель принял за основу *затухающее* движение массивных тел сквозь среду, оказывающую им сопротивление. Эта картина близка к реальности, но трудна для расчета (даже при удобной записи чисел) — в итоге Аристотель не открыл ни одной простой и ясной физической аксиомы. Например, принцип инерции (первый закон Ньютона) был угадан христианскими богословами только в XIV в.

В *зоологии* Аристотель занялся классификацией животных по частям их тел. Он исследовал около 800 разных видов и все более поражался их разнообразию. Например, дельфины — млекопитающие и дышат легкими; акулы дышат жабрами и к млекопитающим не относятся, но они тоже рожают живых детенышей. Как включить оба вида животных в одну ветвящуюся иерархию? Однозначного ответа на этот вопрос Аристотель не нашел, его ученику Теофрасту также не удалось навести порядок в растительном царстве. Первую непротиворечивую (но далеко не полную) иерархию живого мира

создал Карл Линней в XVIII в. на основе анализа нескольких тысяч растений и животных с разных континентов Земли.

Напротив, в *политике* Аристотель рассуждал как эволюционист и достиг больших успехов в анализе греческой государственности. Он выделил три основные формы государства — монархию, аристократию и демократию — и пришел к выводу, что каждая из них со временем вырождается, теряя способность к саморазвитию. Монархия превращается в тиранию, аристократия — в олигархию, демократия — в охлократию. Во всех трех случаях правители не обращают внимания на запросы тех, кем управляют. Поэтому каждая из вырожденных форм государства терпит поражение в соперничестве с одной из невырожденных форм и заменяется ею; эта «чехарда» составляет историю полиса.

Вариант длительного *существования* двух или трех форм власти с разделением сфер их деятельности в обществе Аристотель не рассматривал, поскольку не видел примеров такого рода в греческой политике. Веком позже грек Полибий изучил подобный пример в Риме, где он пробыл много лет в качестве заложника. Так возникла первая научная история Римской державы. Все характерные черты римского общества ярко проявились в ходе Пунических войн, завершение которых наблюдал Полибий.

Платон и Аристотель были аристократы по убеждению. Афинскую демократию они презирали как выродившуюся и беспомощную. Но Платон симпатизировал аристократической Спарте, Аристотель же презирал и спартанцев, не уважающих науку. Более перспективным строем он считал монархию, но не эллинскую, а македонскую, отражающую боевой дух молодого народа и потому способную на великие дела. Если вовремя позаботиться о просвещении и воспитании варварских вождей, то греческая наука может расцвести в новой Македонской державе!

С такой мечтой Аристотель отправился в 343 г. до н. э. ко двору царя Филиппа II Македонского и стал обучать наукам его сына — Александра. При этом ученый поставил условие: он будет учить не одного царевича, а всю компанию его друзей-ровесников, чтобы новый царь получил команду единомышленников. Этот шаг увенчался блестящим успехом. Новая македонская элита покорила весь Ближний Восток и установила здесь просвещенную монархию. Даже после смерти Александра его соратники покровительствовали ученым-эллинам, а царь Птолемей I основал в Александрии Египет-

ской *Музей* (храм всех муз), ставший первой академией наук античного мира. Главным украшением Музея был последний великий питомец школы Платона — афинянин Евклид, наследник Евдокса.

Его биография нам почти неизвестна. Видимо, с Платоном Евклид не общался, а вырос в тени его прославленных учеников, мечтая в чем-то превзойти их всех. Очевидно, Евклид не был склонен к труду учителя: до нас не дошли ученические анекдоты о нем, вроде тех, которые были сложены о Платоне. Вероятно, Евклид завидовал Аристотелю, той легкости, с которой ученый, играючи, создает одну науку за другой там, где прежде были лишь общие рассуждения. Вот разобрался Аристотель в правилах логического вывода новых утверждений из известных фактов, и появилась книга «Органон», которая станет учебником для всех математиков. Надо написать подобную книгу обо всей геометрии, упорядочив множество накопленных ею теорем и задач! Чтобы это здание простояло века, надо дать ему фундамент из строгих определений всех объектов геометрии и из перечня их очевидных свойств в форме *аксиом*.

Так появилась книга «Начала» (по-гречески «Стайхейя», т. е. «стихии» геометрического мира; по-латыни она называется «Элементы»). Эта книга стала первой научной энциклопедией, построенной на основе логики и ведущей читателя от определений прямой и точки до расчета объема шара и классификации правильных многогранников. Логика вывода новых утверждений в этой книге безупречна, хуже обстоит дело со строгостью определений.

Например: «точка есть то, что не имеет частей». Это сказано удачно — не спутаешь с атомом Демокрита, который ближе к правильному многограннику, чем к точке. Далее, «прямая линия — та, которая одинаково расположена по отношению ко всем точкам на ней». В этом определении есть явный пробел — отсутствует общее определение *линии*. Но хуже того: евклидово определение прямой справедливо и для окружности, и для винтовой линии в пространстве! Все эти линии можно двигать по ним же, не изгибая. Итак, предложенные Евклидом определения годятся для любой (даже неевклидовой) геометрии! О таких возможностях Евклид, видимо, не подозревал.

Интересно, что не все геометрические факты попали в книгу «Начала», хотя они были известны Евклиду. Например, конические сечения: эллипс, парабола и гипербола. Этим кривым Евклид посвятил особую книгу (она не сохранилась до наших дней), но включить ее в «Начала» не решился.

Несмотря на такие пробелы и погрешности, книга Евклида открыла новую эру в науке, подобную эре Александра Македонского в политике. Отдельные полисы Эллады слились в империю, в которой демократия отошла на задний план. Отдельные геометрические факты соединились в цельную картину идеального научного мира, в которой не нашлось места для натурфилософии. Автор «Начал» переехал из Афин в новую царственную Александрию Египетскую, хотя роль придворного математика была ему не по душе.

Известно, что на вопрос царя Птолемея: «Можно ли изучить геометрию быстрее и проще, чем по этой книге?» — Евклид сухо ответил: «В геометрии нет царских дорог!» Что он имел в виду? То ли он подразумевал, что кончилась эра Аристотеля, когда в любую науку можно было войти через удобные философские ворота, то ли намекал царю Египта на Царскую дорогу в Персидской державе: по ней македонцы за считанные годы прошли от Ионии до Индии, покоря все на своем пути? Мы не знаем, что хотел сказать Евклид. Но известно, что в научном мире легкое и быстрое покорение чужих царств невозможно. Каждый открыватель должен строить свое царство с нуля, не ленясь освоить все необходимые для этого ремесла и навыки. Таков был завет «золотого» века эллинской науки ее последующим векам: «серебряному», «медному» и «железному».

Задачи. Серия 4

- 4.1. Когда в Афинах возникла Академия? Что означало ее название? Когда она исчезла, в связи с какими событиями?
- 4.2. Существуют ли сейчас университеты, срок жизни которых сравним с Академией Платона? Если да, то где они находятся, кем и когда основаны?
- 4.3. Чем отличались порядки в Академии Платона от порядков в школе Пифагора или в школе Сократа? Способствовала ли эта разница долголетию школы Платона?
- 4.4. Какие науки более всего увлекали Платона, а какие усиленно изучались в его Академии и почему так?
- 4.5. Каковы были политические идеалы Платона? Какие действия он предпринимал для их воплощения и каков был результат?
- 4.6. Говорят, что Платон — не имя, а прозвище, которое ученый получил в юности за свои увлечения. Что верно в этом предании?

- 4.7. Какие выводы сделал Платон из жизни и судьбы своего учителя Сократа?
- 4.8. Почему Платон увлекался философией, но не стремился сделать как можно больше открытий в математике, хотя считал геометрию важнейшей из наук?
- 4.9. Что такое «пять платоновых тел»? Какое значение придавал Платон этим телам? Было ли рациональное зерно в надежде понять устройство Вселенной с помощью этих тел?
- 4.10. Какие знаменитые афиняне были современниками Платона?
- 4.11. Какие важные политические события происходили в Элладе в период жизни Платона (427—347 гг. до н. э.)? Кто из деятелей той эпохи представляет наибольший интерес?
- 4.12. В чем суть учения Платона об «идеях» как прообразах вещей? В какой форме это учение присутствует в современной науке?
- 4.13. Предание гласит, что Платон был категорически не согласен с учением Демокрита об атомах. Что могло не устроить Платона в этой модели Вселенной?
- 4.14. Как современная физика сочетает и примиряет «идеи» Платона с атомами Демокрита?
- 4.15. Кто из великих ученых XVII—XX вв. ощущал себя наследником учения Платона, а кто — наследником учения Демокрита?
- 4.16. Сравните деятельность Платона как учителя с деятельностью Конфуция в этой сфере.
- 4.17. Составьте от имени Платона отзыв об учениях Пифагора, Гераклита или Демокрита.
- 4.18. Попробуйте составить отзыв от имени Платона о Конфуции или наоборот (предполагая, что эти мудрецы знали друг о друге).
- 4.19. Какие литературные произведения Платона вам известны? Чем они посвящены? Какова их литературная форма?
- 4.20. Почему в диалогах Платона собеседники редко спорят о проблемах математики или физики? Отражает ли эта особенность интересы самого Платона или его читателей?
- 4.21. Почему Платон не написал учебников по тем наукам, которым он обучал своих учеников?
- 4.22. Какие понятия и факты арифметики и геометрии понадобились Евдоксу для доказательства формулы объема пирамиды? Знал ли эти факты Пифагор?

- 4.23. Какие неизвестные Евдоксу понятия и факты арифметики и геометрии используются в современном доказательстве формулы объема пирамиды (с помощью интегрирования)?
- 4.24. Каким путем Евдокс мог выяснить, соизмеримы ли два данных отрезка? В каких случаях этот путь приводит к цели за конечное число шагов?
- 4.25. Мог ли Евдокс с помощью математики своего времени выяснить, каких отрезков больше: соизмеримых или несоизмеримых с данным отрезком? Каких понятий современной математики не хватало тогда для решения этой задачи? Когда появились эти понятия, кто их изобрел?
- 4.26. Каким путем пытался Тэтет классифицировать отрезки, не соизмеримые с данным отрезком? Мог ли он таким путем доказать, что множество отрезков, не соизмеримых с данным отрезком, гораздо больше, чем соизмеримых с ним?
- 4.27. Какие природные вещества имеют кристаллы в форме куба? Какие кристаллы имеют форму октаэдра? Встречаются ли вещества, способные кристаллизоваться в обеих этих формах? Знали ли эллины об этих кристаллах?
- 4.28. Встречаются ли в природе вещества с кристаллами в форме додекаэдра или икосаэдра? Можно ли где-нибудь в природе наблюдать правильный тетраэдр?
- 4.29. Как обозначал Евдокс на своей карте неба числовые координаты звезд, не применяя позиционной системы счисления?
- 4.30. Можно ли, наблюдая планеты без телескопа, заметить, что они изменяют свое расстояние от Земли? Как это можно сделать? Знали ли античные астрономы этот факт?
- 4.31. Как звучит теорема Фурье о разложении периодической функции в тригонометрический ряд? Чем отличается это разложение от ряда Тейлора?
- 4.32. Какие книги Аристотеля сохранились до наших дней? Чем они отличаются от книг Платона по темам и форме изложения?
- 4.33. Чем отличалось отношение Платона или Аристотеля к своим согражданам от отношения к согражданам Сократа? Какие определения человека были в ходу в школах Платона и Аристотеля?
- 4.34. Кого из ученых-греков Аристотель мог назвать своим предшественником в постижении человеческих страстей и поступ-

- ков? О чем писали эти ученые? Кого можно назвать их общим преемником в «человековедении»?
- 4.35. Какие утверждения Платона о движении физических тел перенял Аристотель? Какие свои постулаты он добавил в модель Вселенной? Какие гипотезы Платона Аристотель отверг?
 - 4.36. Какие постулаты Аристотеля отвергаются современной физической наукой? Какие аксиомы «ньютоновой» физики заменили эти утверждения?
 - 4.37. Известно, что Аристотель сначала основал в Афинах свою школу (отделившись от Платона), потом уехал в Македонию, но позднее все-таки вернулся в Афины. Как можно объяснить такое его поведение?
 - 4.38. Сравните преподавательскую деятельность Платона и Аристотеля. Чем различались их цели? Кому, кроме Платона, мог подражать Аристотель в этой сфере?
 - 4.39. Чему Аристотель научил Александра Македонского, а чему не захотел или не смог его выучить (по сравнению с тем, чему учили афинскую молодежь в школе Платона)?
 - 4.40. Как относились афиняне к Аристотелю в последние годы его жизни? Как закончилась его жизнь?
 - 4.41. Говорят, что завоевательный поход Александра в Азию был также научно-исследовательской экспедицией. Какие факты свидетельствуют об этом? Какие научные результаты похода Александра были наиболее ценны для эллинов?
 - 4.42. Перечислите известных вам сподвижников Александра Македонского — учеников Аристотеля. Чем прославились эти люди, как закончилась их жизнь?
 - 4.43. Почему Евклид решил уехать из Афин в Александрию? В каком возрасте он мог быть в это время?
 - 4.44. Что общего между приездом Аристотеля в Македонию и приездом Евклида в Египет? Почему Аристотель недолго пробыл в Македонии, а Евклид остался в Египте до конца жизни?
 - 4.45. Есть ли примеры переезда крупных европейских ученых в Россию в XVIII в.? На что больше похожи эти визиты: на поездку Аристотеля в Македонию или на поездку Евклида в Египет?

5. Александрийская эпоха (от Аристарха до Гиппарха)

Внезапно возникшая держава Александра Македонского преобразила весь античный мир. Македонцы вдруг превратились из дикарей-горцев в повелителей Ойкумены. Эллина неожиданно утратили политическую независимость и стали подданными могучего иноплеменного царя — носителя общей с ними культуры. Персы и мидяне отступили на второе место в созданной ими империи. Что касается египтян, вавилонян и финикийцев, то они ничего не потеряли и ничего не приобрели, сменив одного чужеземного владыку на другого.

Можно ли придать устойчивость новой гигантской империи, соединившей персидский мир с Элладой? Александр не успел это сделать, а его преемники — диадохи не сумели, поглощенные борьбой за раздел и передел наследства великого завоевателя. Но общий план был ясен, и каждый новый царь старался воплотить его в своих владениях. Македонцы и эллины, объединенные общей культурой, должны были как можно быстрее навязать ее активной верхушке местного населения. Для этого в покоренных землях строились города-колонии, заселяемые эллинами и македонцами. Они сразу получали статус полиса или столицы, становились опорой новой власти, рассадником новой культуры среди чуждых Элладе народов — носителей своеобразных древних культур. Так начался вековой диалог активных эллинов с не уступавшими им ученостью египтянами или финикийцами, персами или халдеями. Самой горячей точкой этого диалога стала Александрия Египетская. Туда устремились крупнейшие ученые и любознательная молодежь со всей Эллады.

Первым среди молодых ученых Александрии выделился Аристарх с острова Сámos — земляк Пифагора и питомец его школы. Он, видимо, многому научился у Евклида и выбрал своей специальностью *вычислительную* астрономию. Аристарх решил сделать то, что не удалось Анаксагору: точно вычислить расстояния от Земли до Луны и Солнца, а также размеры этих тел.

Аристарх начал с простого замечания: когда Луна находится в первой или последней четверти (и мы видим освещенной *половину* лунного диска), тогда луч света, идущий от Солнца к Луне, *ортогонален* к лучу зрения земного наблюдателя, направленному на Луну. Луна в это время является вершиной прямого угла треугольника, две другие вершины которого совпадают с Землей и Солнцем. Если в этот

вечер или утро мы увидим на небе одновременно Солнце и Луну и измерим угол между ними, то узнаем интересующий нас треугольник с точностью до подобия.

Так мы можем узнать отношение катета (Земля—Луна) к гипотенузе (Земля—Солнце). Но отношение этих расстояний равно отношению диаметров Луны и Солнца! Если измерить диаметр Луны (например, аккуратно повторив опыт Анаксагора с лунной тенью), то мы узнаем и диаметр Солнца. Аристарх проделал эти расчеты и получил новую оценку радиусов Луны и Солнца: Луна *втрое* меньше Земли, а Солнце в семь раз больше Земли. Первая из этих оценок довольно точная, вторая очень грубая, но важен вывод: Солнце *больше* Земли, и трудно поверить, будто оно обращается около нее! Скорее, наоборот: Земля обращается вокруг Солнца как одна из планет, наравне с Меркурием и Венерой!

Этот замечательный вывод Аристарха потряс современников. Можно ли поверить, что давние представления о строении Вселенной были так далеки от истины? Стоит ли отказываться от привычной картины мира — или проще отвергнуть доводы Аристарха, как эллины отвергают религию персов или египтян? Для большинства жителей Александрии вывод был ясен: нет смысла обращать внимание на очередную ученую заумь!

Коллеги Аристарха в Музее рассуждали иначе: можно ли отвергать привычную модель мира на основании столь грубых расчетов? Подождем, пока Аристарх рассчитает известные явления (хотя бы движение планет среди звезд) с помощью своей новой модели! Если его расчеты будут ближе к наблюдаемому движению планет, чем сложные расчеты по схеме Евдокса, то придется признать новую модель Вселенной как научную истину. Но если Аристарх не превзойдет Евдокса, то его модель относится лишь к философии, и пусть он обсуждает ее с философами!

В таком вычислительном соревновании Аристарх не сумел доказать свою правоту. То же самое повторилось с Коперником через восемнадцать веков. Отвергнув геоцентризм Птолемея, он не смог в своей гелиоцентрической модели избавиться от множества эпициклов. Только переход от круговых орбит к *эллиптическим* позволил бы решительно упростить «портрет» Солнечной системы. Но такой переход требует отказа от *равномерного* движения планеты по орбите. Выполнить соответствующие расчеты средствами греческой арифметики за срок одной человеческой жизни было невоз-

можно: это не удалось даже Архимеду. Поэтому развитие теоретической астрономии в эллинистическом мире остановилось вплоть до новых экспериментальных открытий.

Одно такое открытие сделал современник Аристарха — вавилонский жрец Киденну. Он не размышлял о моделях Вселенной, но лишь аккуратно измерял периодичность известных астрономических событий, в частности сроков наступления равноденствий по звездному календарю. Сравнив свои таблицы с таблицами астронома Набу-Риманни (который работал на полтора века раньше), Киденну обнаружил вековое запаздывание в движении Солнца среди звезд: примерно на один градус за 70 лет. Значит, звездная сфера и Солнце обращаются вокруг Земли в разном темпе!

Никакого теоретического объяснения этому факту Киденну не предложил. Для него Солнце было богом по имени Шамаш, которого не следует оскорблять, выдумывая безбожные модели, как это делают чужаки-эллины. Так великому открытию (*прецессии* земной оси) пришлось ждать более смелого астронома: им стал иониец Гиппарх в середине II в. до н. э.

Рожденный в Никее (рядом с Византией) и учившийся в Александрии, он не остался там, а построил свою обсерваторию на острове Родос. Здесь Гиппарх начал составлять новую карту звездного неба, измеряя углы между светилами с точностью около пяти минут (это в 6 раз меньше углового размера Луны).

Цель Гиппарха поначалу была скромной: проверить давние слухи о появлении на небе новых звезд. Для этого Гиппарх измерил координаты около 900 ярких звезд и сравнил свои данные с таблицей Евдокса (двухвековой давности). Результат был удивительный: все звезды сдвинулись по небу в одну сторону на одинаковый угол (около трех градусов)!

В отличие от Киденну, Гиппарх был наследником всей греческой учености, включая дерзкие механические рассуждения Архимеда. Он предположил, что не звездное небо обращается вокруг Земли, а сама Земля вращается вокруг своей оси, подобно волчку. Известно, что ось волчка при вращении слегка дрожит, как бы описывает в пространстве узкий конус. Не происходит ли то же самое с Землей — гигантским волчком? Благодаря измерениям александрийца Эратосфена Гиппарх знал размер этого волчка и мог проделать все нужные вычисления по схеме эпициклов. Гипотеза о «дрожии» земного волчка подтвердилась: оказалось, что ось Земли описывает в пространстве

полный конус примерно за 25 000 лет. За столь огромный срок даже языки народов Земли изменяются до неузнаваемости.

Вдохновленный этим успехом, Гиппарх стал искать новые применения точной карты звездного неба. Наблюдая, какие звезды заклоняет Луна в разные часы ночи, он сообразил: в этом явлении играет роль не только движение Луны вокруг Земли, но и вращение Земли вокруг ее оси. Ведь в течение ночи астроном вместе с обсерваторией поворачивается вокруг земной оси на угол около 180 градусов, а значит — сдвигается в пространстве почти на земной диаметр! Зная диаметр Земли из наблюдений Эратосфена, Гиппарх сумел рассчитать отношение расстояния от Земли до Луны к этому диаметру (называемое лунным *параллаксом*) — благо, оно оказалось не слишком большим числом (около 30). Так впервые было измерено расстояние между космическими телами.

Наверняка Гиппарх пытался узнать сходным путем расстояние от Земли до Солнца, но потерпел неудачу в измерении *солнечного* параллакса ввиду слишком яркого блеска нашей звезды. Возможно, он пытался измерить расстояния и до комет, но в те десятилетия ярких комет на небе Эллады не было. Первый успех в измерении расстояния до движущейся кометы выпал на долю датчанина Тихо Браге в 1577 г. Гиппарху же повезло в другом: он все-таки наблюдал новую звезду в созвездии Дракона в 134 г. до н. э.

Завершая рассказ о Гиппархе, повторим давнюю мудрость: на всякого мудреца довольно простоты! До конца жизни Гиппарх не принимал на веру расчеты Аристарха и гелиоцентрическую модель Вселенной. Он не видел заметной вычислительной пользы от этой странной гипотезы и потому относил ее к области философии, которой строгому геометру не следует заниматься.

Так изменилось настроение лучших умов Эллады за 200 лет — со времен Платона и Аристотеля. Когда и как произошел этот раскол между математикой и естествознанием? Видимо, в эпоху Евклида и вследствие его трудов. Книга «Начала» оформила новую философию *математической* науки. Но для *натурфилософии* эта догматика была бесполезна, ибо не помогала открывать природные аксиомы иным путем, кроме интуиции. Натурфилософам Евклид не мог ничего посоветовать, поэтому он, видимо, уклонялся от общения с ними и прочими «профанами».

Вопрос царя Птолемея Евклиду о более легких путях в геометрию можно понимать как призыв к созданию *научно-популярной* литера-

туры. Увлечшись перестройкой геометрии «изнутри», Евклид отказался участвовать в новой, непривычной работе. Его примеру последовали прочие математики александрийской школы. Так родившееся в Афинах содружество точных наук с гуманитарной культурой сменилось в Александрии расколом между ученым миром и основной массой граждан. Было ли это событие неизбежным?

Нам это кажется неизбежным, потому что в Александрии изменились сами граждане: они разделились на правителей и подданных. Имперская столица подавила вольный полис, и политика перестала быть общенародным «видом спорта».

То же самое случилось с наукой: ее профессионалы разделились на «гроссмейстеров» и обычных учителей. В руках лучших математиков Эллады великая книга Евклида служила трамплином для новых дерзких прыжков в неведомое. Но для заурядных умов она стала энциклопедией учености, выходить за пределы которой не нужно и вредно. Вероятно, Евклид наблюдал эти неожиданные последствия своей научной реформы без всякого удовольствия, но ничего изменить уже не мог. Не оттого ли он предстает в сохранившихся рассказах столь жестким и желчным человеком?

Задачи. Серия 5

- 5.1. Александр Македонский и его сподвижники основали много разных городов-столиц. Почему больше всех прославилась Александрия Египетская? Какие еще столицы диадохов могли поспорить с ней в роскоши и учености?
- 5.2. Какие исследовательские учреждения входили в комплекс Александрийского Музея? Где шла наиболее активная научная работа?
- 5.3. Книги на каких языках были или могли быть в фонде Александрийской библиотеки? Сколь велик был ее книжный фонд в лучшие годы? Какие книги считались наибольшей ценностью в период правления царей Птолемеев?
- 5.4. Сколько веков существовал Александрийский Музей? Какие события способствовали его исчезновению?
- 5.5. Что не удовлетворяло Аристарха в той модели Солнечной системы, которую предложил Евдокс? Кто был Аристарх по стилю мышления: математик или физик?

- 5.6. Кого из античных мыслителей Аристарх мог назвать своим предшественником?
- 5.7. Основы какого раздела элементарной математики заложил Аристарх в своей работе по расчету диаметра Солнца? Кто сделал следующий шаг в этой науке и в чем он выразился? Когда эта наука достигла зрелости и получила свое нынешнее название?
- 5.8. Почему ошибка Аристарха в определении диаметра Луны оказалась невелика ($1/3$ диаметра Земли вместо верной $1/4$), а при определении диаметра Солнца он ошибся в 20 раз?
- 5.9. Почему жрецы не подвергли Аристарха таким же гонениям за «безбожие», каким прежде подвергся Анаксагор?
- 5.10. Почему очень немногие астрономы античного мира согласились с гелиоцентрической моделью Солнечной системы? Что им больше мешало: привычки, или религиозные заповеди, или?..
- 5.11. Какие научные открытия Нового времени сравнимы по революционному характеру с гелиоцентрической моделью Аристарха? Сравнимо ли отношение ученых и широкой публики к этим открытиям с реакцией эллинов на модель Аристарха?
- 5.12. Кто из ученых Нового времени впервые подтвердил расчетами справедливость модели Аристарха? Какие научные средства понадобились для этого?
- 5.13. Почему в Александрии или в ином эллинистическом городе не сложилось содружество последователей Аристарха («гелиоцентриков»), подобное обществу пифагорейцев?
- 5.14. Какие физические причины могут вызывать прецессию обычного волчка, или Луны, или Земли?
- 5.15. Как сумел Эратосфен вычислить радиус земного шара? Почему эта задача была непосильна для Аристарха или Пифагора? Какой радиус Земли измерял Эратосфен: экваториальный или меридиональный?
- 5.16. Чем отличается процесс измерения расстояния от Земли до кометы (по Гиппарху) от измерения расстояния до Луны?
- 5.17. Кому и когда впервые удалось измерить расстояния до комет или межпланетные расстояния? Какие (неизвестные Гиппарху) средства были при этом использованы?
- 5.18. Как можно объяснить недоверие Гиппарха к модели Аристарха? Кто из астрономов нашел средство преодолеть это недоверие большинства коллег? Каким путем это удалось сделать?

- 5.19. Почему труды Евдокса, Аристарха и Гиппарха дошли до нас в отрывках, тогда как «Начала» Евклида сохранились полностью? Какой труд по астрономии стал так же популярен, как «Начала» Евклида?
- 5.20. Почему Гиппарх не остался работать в Александрии (как прежде остались Евклид, Аристарх и Эратосфен), а построил обсерваторию на острове Родос?
- 5.21. Какие политические деятели Средиземноморья были современниками Аристарха? Перечислите несколько важных военно-политических событий, происшедших в течение его жизни.
- 5.22. Какие политические события происходили в Средиземноморье в течение жизни Гиппарха? Какие видные деятели участвовали в этих событиях?
- 5.23. Известно, что Пифагор, Платон и Аристотель нередко вмешивались в политические события своей эпохи. Напротив, Евклид, Аристарх и Гиппарх явно избегали политики. Как это можно объяснить?
- 5.24. Известен ли вам хоть один римский ученый — современник Евклида или Гиппарха? Если да, то какова его профессия? Если нет, то как объяснить отсутствие римской науки в эту эпоху?
- 5.25. Почему ученые — современники или последователи Евклида не создали популярных или занимательных книг по математике или астрономии? Почему такие книги не появились позднее в Римской державе?
- 5.26. Говорят, что александриец Эратосфен увлекался не только математикой и астрономией, но и гуманитарными науками. Что об этом известно и как это можно объяснить?
- 5.27. Чем отличается книга Евклида «Начала» от современных учебников геометрии? Какие современные книги по математике или физике больше всего похожи на книгу Евклида?
- 5.28. Некоторые математики и историки наших дней сомневаются в существовании Евклида, сравнивая его с Никола́ Бурбаки́. Что между ними общего? Основательны ли такие сомнения?
- 5.29. Какие известные вам теоремы элементарной геометрии *не упомянуты* в книге Евклида? Почему так?
- 5.30. Какие *объекты* школьного курса геометрии не упоминаются в книге Евклида? Почему?

- 5.31. Чем различаются в книге Евклида аксиомы и постулаты? Почему это различие сгладилось в современной математике?
- 5.32. Сравните формулировки одного из определений Евклида: как оно записано в «Началах» и как — в современном школьном учебнике. В чем разница? Каковы ее причины?
- 5.33. Кто из математиков Нового времени привел аксиоматику Евклида в современный вид? Когда это было? Сколько аксиом получилось в итоге?
- 5.34. Когда и по какой причине в математике впервые появились неевклидовы геометрии? Кто их создал?
- 5.35. Сколько сейчас известно разных геометрий, кроме евклидовой? Чем они различаются?
- 5.36. Придумайте наименьший набор аксиом, задающий какую-нибудь двумерную геометрию.
- 5.37. Пусть геометрия задана шестью аксиомами, как в задаче 5.36. Попробуйте ответить на следующие вопросы.
1. Могут ли на каждой прямой лежать *только* две точки?
 2. Если да, то *сколько* точек лежат на плоскости и *сколько* на ней разных прямых?
 3. Можно ли определить в этой геометрии *расстояние* между точками или между прямыми?
 4. Является ли такая плоскость векторным пространством?

6. Греческая наука после Евклида (Архимед, Эратосфен, Диофант)

Реформа Евклида преобразила не только геометрию, но и всю греческую науку. Прежде это был общенародный «спорт», в котором каждый любитель мог чем-то выделиться, и все знали сильнейших гроссмейстеров, которые соревнуются только между собой. После трудов Евклида эллины заметили: наука стала гораздо больше и умнее любого из своих творцов! Например, Евклид систематизировал известные факты геометрии и арифметики. Но он *не* смог указать коллегам те направления, по которым удобнее или целесообразнее расширять воздвигнутое им здание. Ясно одно: надо либо работать с такими объектами, которые Евклид не считал возможным включить в «Начала», либо задавать новые вопросы о свойствах известных фигур, либо изобретать новые методы работы, отличные от логических рассуждений или построений

циркулем и линейкой. Реформаторы сделали свое дело: в итоге открылись новые пути для революционеров.

Первым в их ряду оказался Архимед из Сиракуз на Сицилии, родич правивших там потомков тирана Гиерона I. Он учился в Александрии у Кóнона — ученика Евклида. Вероятно, Архимед был знаком с трудами Аристарха и перенял у него навык физических рассуждений и *приближенных* расчетов тех величин, которые не удастся точно измерить или строго определить. Очень важной для Архимеда оказалась дружба с Эратосфеном — выпускником Афинской академии, знатоком и любителем всех наук, который позднее стал директором Александрийского Музея. Вернувшись домой, Архимед переписывался с друзьями по всем научным вопросам. В этой переписке Эратосфен и Конон представляли Музей, Архимед же один был равносителен целой академии наук.

Гения в науке можно распознать по тому, как быстро он осваивает достижения предшественников и как неудержимо бросается вперед со старта. Для Архимеда стартовой опорой стали высшие достижения Евдокса: геометрическая теория чисел (которая вела к построению числового луча из точек-чисел) и расчет объема пирамиды методом *исчерпания* (когда фигура разбивается на тонкие ломтики-призмы, а их объемы суммируются с помощью арифметики).

Сопоставив эти две конструкции, Архимед понял, что *любую* плоскую или пространственную фигуру можно разбить на мельчайшие области («песчинки»), как Евдокс разбил на точки луч. Потом можно суммировать площади или объемы песчинок, как Евдокс суммировал объемы ломтиков пирамиды. При этом арифметика и геометрия работают как две руки, передавая задачу из ладони в ладонь, пока она не будет решена. Это трудное ремесло, даже два разных ремесла, но Архимеду то и другое было по плечу. Так он создал первый вариант *интегрального исчисления многочленов*, хотя не мог строго определить ни интеграл, ни многочлен.

Сначала Архимед вычислил площадь треугольника, одна из сторон которого не прямая, а отрезок параболы. Для этого понадобилась формула суммы квадратов первых (N) чисел натурального ряда. Архимед вывел ее и сходную формулу для кубов натуральных чисел. Потом была найдена площадь, ограниченная «спиралью Архимеда». Ее описывает точка, равномерно движущаяся по лучу, который вращается в плоскости с постоянной угловой скоростью. Найдя эти площади, Архимед заинтересовался объемами тел, которые за-

метают в пространстве изученные им фигуры при вращении вокруг разных осей. И вновь «исчисление песчинок» привело к успеху!

Вскоре Архимед начал искать центры тяжести тех фигур, с которыми он работал. Прежде эллины умели находить центр тяжести плоского треугольника и его контура (если треугольник сделан из тяжелой проволоки). Эти две точки могут не совпадать. Оказалось, что центр тяжести полукруга также не совпадает с центром тяжести полукружности. Рассчитав положение этих точек, Архимед заметил интересную связь: объем шара равен произведению площади его «полусечения» (полукруга) на длину той окружности, которую описывает *центр тяжести* полукруга при его вращении вокруг диаметра. И площадь сферы связана с длиной ее «полусечения» (полукружности) такой же формулой! Если это общий факт, то он позволяет рассчитать объемы и поверхности разнообразных тел: бублика, яблока и т. д.

Мы не знаем, пытался ли Архимед доказать две угаданные им формулы, удалось ли ему это и сумел ли он объяснить ход своей мысли коллегам-современникам. Известно, что в конце античной эпохи (в V в. н.э.) эти факты использовались александрийскими геометрами без доказательств. В наши дни связь между положением центра тяжести плоской фигуры (или кривой) и объемом (либо поверхностью) фигуры, заметаемой ею при вращении, называют теоремой Гюльдена — в честь швейцарского математика, доказавшего эти формулы в конце XVII в. Это произошло после того, как Ньютон и Лейбниц придали исчислению интегралов общепонятную форму (используя открытия итальянских алгебраистов XVI в. и числовые координаты на плоскости, введенные Декартом в 1637 г.). Архимед же вошел в историю математики лишь как предтеча творцов математического анализа.

Архимед также потерпел неудачу в решении самой сложной задачи небесной механики. Он пытался выяснить истинное движение планет среди звезд, сочетая наблюдения и расчеты с механической моделью этого процесса в виде «планетария» из многих окружностей и сфер, кающихся друг по другу. Но всего этого оказалось недостаточно.

Проблема движения планет была решена через восемнадцать веков после Архимеда благодаря многолетним усилиям трех богатырей науки: астронома Тихо Браге, вычислителя Чарльза Непира и математика Иоганна Кеплера. Возможно, Архимед предвидел такое сложное воплощение своих идей. Но он не смог ни достичь цели

одним рывком, ни убедить своих современников присоединиться к геройскому штурму.

Достижений Архимеда в чистой математике хватило бы на десяток обычных ученых. Но Архимед не вмещался в обычные рамки. Философией он не увлекся: ему милее был *экспериментальный* диалог с природой — вещь еще непривычная для эллинов.

Архимед задумался над простым фактом: почему большой тяжелый корабль не тонет в море? Очевидно, вода его держит, т. е. выталкивает вверх. Вероятно, выталкивающая сила равна той силе, с которой сам корабль давит на воду. Как же измерить силу взаимодействия корабля с водой?

Архимед проделал *мысленный* эксперимент: на мгновение «убрал» корабль из воды и рассмотрел оставшуюся на его месте «яму». Если ее мгновенно заполнить такой же водой, поверхность моря останется ровной и неподвижной, как будто ничего не случилось. Значит, вес воды, заполняющей яму из-под корабля, равен весу самого корабля! Таково условие плавания тел в воде или в иной жидкости — мы называем это равенство законом Архимеда.

Продолжая диалог с природой на языке воображаемых экспериментов, Архимед сделал много замечательных открытий и изобретений. Например, он сравнил вращение винтовой поверхности в воде с периодическим движением весел в руках гребцов галеры и в результате придумал *винтовой насос*, поднимающий воду из пруда на поле. Если вращающийся винт укреплен на судне, он становится *движителем*, столь же эффективным, как команда гребцов. Но неясно, где взять источник силы, чтобы быстро вращать винт! Вероятно, Архимед надеялся приспособить к этой работе могучую силу огня, но не сумел изобрести подходящую машину. Первую *паровую турбину* (эолипил) изобрел и построил в Александрии математик Герон через 250 лет после Архимеда. Но и тогда замысел *парохода* остался невоплощенным из-за технических трудностей и отсутствия экономического спроса.

Архимед был искуснейшим инженером своей эпохи. И конечно, он не смог избежать судьбы военного инженера в пору 2-й Пунической войны, когда его родной город встал на сторону Ганнибала и был осажден римлянами. Изобретенные Архимедом военные машины сперва нагнали на римлян немалый страх. Но силы были не равны: после многомесячной осады Сиракузы пали. Архимед погиб во время штурма. Гордый консул Марцелл доставил в Рим

небывалый трофей — металлическую модель Солнечной системы из подвижных сфер и окружностей, изготовленную самим Архимедом. Тот экспериментировал с ней, когда не хватало прямых наблюдений за звездами и планетами. В наши дни такой прибор называют «механическим аналоговым компьютером». Римляне с изумлением смотрели на чудесную игрушку, вертели ее так и сяк...

Более спокойную жизнь прожил младший друг Архимеда — Эратосфэн из Никеи. По складу ума он был энциклопедистом и интересовался всей наукой. В каждой ее области — от геометрии до истории — Эратосфен легко находил новые красивые задачи. Иногда они поддавались его усилиям, но чаще успех выпадал на долю других ученых. Насмешливые ученики прозвали Эратосфена «Бета»: эта буква — вторая в алфавите, а наш учитель всегда и во всем второй! Эратосфен не обижался на прозвище: ведь первыми оказывались богатыри — Архимед или Аполлоний!

Самый известный успех Эратосфена — измерение дуги земного меридиана, приходящейся на один градус широты. При этом Эратосфен удачно использовал природные условия Египта: Нил течет с юга на север, так что все города стоят на одном меридиане. Измерив одновременно (в полдень) угловую высоту Солнца над горизонтом в Асуане и Александрии, Эратосфен затем измерил расстояние между этими городами по ходу верблюжьих караванов вдоль Нила. В итоге он узнал диаметр Земли и был поражен: вся известная грекам Земля — Ойкумена занимает чуть больше одной сотой доли поверхности земного шара! Этот результат близок к истине, но просвещенные эллины обиделись: неужели мы так мало знаем о Земле?

Тем временем Эратосфен перенес свои изыскания в историю. Он захотел узнать, сколько веков назад жил Гомер, когда происходила Троянская война, сколь долго стоят на земле великие пирамиды. Ответить на первые два вопроса удалось, установив связь между событиями греческой и египетской истории. Ведь родичи Ахилла и Агамемнона («народы моря») нападали на Египет в правление фараона Рамзеса III. С пирамидами сложнее: дату их постройки можно рассчитать, только опираясь на сдвиги в древнеегипетском календаре. Эратосфену не хватило таких сведений; хронология древнейшей истории Ближнего Востока добилась серьезных успехов лишь в XVII в., в эпоху Кеплера и Скалигера.

Наконец, Эратосфен обратил внимание на целые числа. Евклид первый начал их изучать и добился важных успехов. Он открыл

быстрый способ нахождения общего делителя двух чисел, а также составил первую таблицу простых чисел и доказал, что их множество бесконечно (точнее, что нет наибольшего простого числа). Единственность разложения любого целого числа в произведение простых делителей, видимо, казалась Евклиду очевидной: он не пытался ее доказать, но и не включил в перечень аксиом или постулатов математики.

Эратосфен продолжил составление таблицы простых чисел и заметил странный факт: некоторые простые числа группируются в пары «близнецов». Таковы 11 и 13, 17 и 19, 29 и 31. Но есть и «одиночки», например: 23, 37, 47. Если тех и других вместе бесконечно много, то что можно сказать о числах каждого вида в отдельности? Ответить на этот вопрос Эратосфен не сумел. Знать бы ему, что полный ответ будет не известен даже через двадцать три столетия! Только в XX в. удалось доказать, что множество «одиночек» бесконечно. Справедливость того же для простых «близнецов» не доказана до сих пор. Так Эратосфен нечаянно поставил самую «живучую» и сложную проблему античной математики.

Впрочем, термины «математика» и «арифметика» появились заметно позже — в эпоху римского владычества в Средиземноморье. В середине II в. н. э. (когда в Риме правил император Марк Аврелий) александрийский астроном Клавдий Птолемей составил первый учебник астрономии, столь же всеобъемлющий, но далеко не столь строгий, как великая книга Евклида. Птолемей назвал свою книгу «Мегáле Матемáтике Синтáксис», т. е. «Великого Учения Система». Позднее это длинное название подверглось сокращениям. Ученые мусульмане VIII в. оставили только слово «Величие», оно стало звучать «Аль-Магéст». Ученые католики XII в. оставили только слово «Учение». С тех пор все школьники Европы изучают *математику*, вкладывая в этот термин новый смысл. Наконец, последний великий математик из Александрии — Диофант, живший в III в. н. э., назвал свою книгу о цифрах и уравнениях «Арифметика».

В это время Римская империя переживала кризис, а христианская религия распространилась по всему Средиземноморью. Античная ученость сохранилась лишь на редких островках — вроде Александрийской библиотеки, которая понесла огромный урон в 47 г. до н. э., когда Цезарь воевал с египтянами, пытаясь возвести Клеопатру на трон Египта. Пожар уничтожил весь египетский флот и большую часть свитков библиотеки. Но математикам легче восстановить утраченное зна-

ние, чем историкам или географам. Поэтому в эпоху Диофанта ни одно достижение греческой геометрии еще не было забыто. В арифметике же появилось нечто новое, неизвестное Евклиду и Эратосфену: *отрицательные* числа.

Диофант свободно работал с ними, он знал, что «минус, умноженный на минус, дает плюс». Возможно, он первый угадал это совсем не очевидное правило — особую аксиому арифметики. Но понятием *нуля* и *позиционной* записью целых чисел Диофант еще не владел.

Книга Диофанта «Арифметика» стала первым *задачником* по алгебре и теории чисел. Ее автор впервые систематически изучал уравнения — *многочлены* с целыми коэффициентами — и искал их целые либо рациональные решения. Среди прочих успехов Диофанта было полное решение уравнения Пифагора: $x^2 + y^2 = z^2$. Обобщать его на более высокие степени Диофант не стал. Это сделал через четырнадцать веков после Диофанта величайший читатель «Арифметики» — Пьер Ферма из города Тулузы.

Задачи. Серия 6

- 6.1. Как эллины определяли и как строили эллипс, параболу и гиперболу? Какие их свойства были известны?
- 6.2. Почему Евклид не включил описание эллипса, параболы и гиперболы в книгу «Начала»? Кто из античных математиков впервые описал их свойства? Чем еще знаменит этот геометр?
- 6.3. В каких разделах современного школьного курса математики и каким образом изучаются эллипс, парабола и гипербола? Можно ли (и целесообразно ли) заменить этот подход на традиционный — через сечения конуса?
- 6.4. В чем состоят «зеркальные» свойства эллипса, параболы и гиперболы? Как они использовались в античном мире, как используются сейчас?
- 6.5. Рассмотрим формулы длины окружности и площади круга. Почему одна из них легко переносится на эллипс, а другая нет? Кто впервые выяснил этот факт? Умеете ли вы его доказывать «на пальцах»?
- 6.6. Какие инструменты нужны, чтобы нарисовать на бумаге эллипс, параболу или гиперболу?

- 6.7. Каким путем Архимед вычислил площадь треугольника, две стороны которого — прямые, а третья — парабола? Что общего в этом способе с вычислением объема пирамиды?
- 6.8. Почему каноническое уравнение параболы *похоже* на формулу функции, график которой — парабола, тогда как сходное уравнение гиперболы *не похоже* на формулу обратной пропорции?
- 6.9. Как сумел Архимед произвести в геометрии вычислительную революцию, не производя «координатную реформу» вроде реформы Декарта?
- 6.10. Умел ли Архимед вычислять объемы тел, ограниченных параболой, вращающейся вокруг одной из координатных осей? Какой из этих двух объемов легче вычислить?
- 6.11. Можете ли вы доказать, что центр тяжести *контура* треугольника не совпадает с центром тяжести его *площади*? Где лежат эти два центра тяжести?
- 6.12. Придумайте геометрическую или механическую задачу на «метод песчинок», в которой придется вычислять сумму *кубов* первых натуральных чисел. Решал ли Архимед эту задачу?
- 6.13. Почему Архимеду удалось вычислить площадь, ограниченную параболой, но не удалось вычислить *длину дуги* параболы?
- 6.14. Позволяет ли «метод песчинок» вычислять число π с любой точностью? С какой точностью знал это число Архимед? Кто из античных ученых нашел более точную оценку и каким способом?
- 6.15. Почему огромные успехи Архимеда в вычислительной геометрии *не вызвали* увлечения этой областью науки среди эллинов или римлян, хотя прежде успехи Фалеса превратили наглядную геометрию в массовый интеллектуальный спорт?
- 6.16. Как античные математики выводили формулы суммы первых *квадратов* или *кубов* натуральных чисел? Какие иные способы их вывода известны сейчас?
- 6.17. Какие сложнейшие задачи на *доказательство* были известны античным геометрам?
- 6.18. Какие сложнейшие задачи на *построение* были известны античным геометрам?
- 6.19. Какое свидетельство своих открытий завещал Архимед изобразить на своем надгробии?

- 6.20. Где в природе можно наблюдать «спираль Архимеда»? Как она возникает?
- 6.21. В каких задачах античные геометры могли столкнуться с *синусоидой*?
- 6.22. Почему ни Евклид, ни Архимед не увлекались натурфилософией? Были ли тогда (в III в. до н. э.) крупные натурфилософы в Средиземноморье?
- 6.23. Как относились римляне к греческой науке в IV—III вв. до н. э.? Изменилось ли это отношение позднее?
- 6.24. Сравните труды и открытия Архимеда и Аристотеля в области *механики*. В чем заметно сходство, в чем — различие? Кого из ученых последующих времен можно назвать преемником идей Аристотеля, кого — преемником Архимеда?
- 6.25. Какая задача привела Архимеда к открытию закона для плавающих тел?
- 6.26. Говорят, что закон Архимеда помог одному китайскому ученому взвесить слона. Как это можно сделать?
- 6.27. Перечислите механические изобретения, которые сделал (или *якобы* сделал) Архимед. Какие из них нашли применение в античности, а какие нет — и почему?
- 6.28. Почему первая паровая турбина, изобретенная в Александрии, не получила широкого применения в технике?
- 6.29. Почему в разгар войны с Ганнибалом римляне осаждали Сиракузы? Как жители Сиракуз (греки) оказались в этой войне союзниками своего давнего врага — Карфагена?
- 6.30. Какова была бы судьба Архимеда, если бы при взятии Сиракуз он попал в плен к римлянам?
- 6.31. Какая судьба постигла Александрийский Музей после того, как Египет стал провинцией Рима?
- 6.32. Какие открытия Эратосфена оказали наибольшее влияние на развитие античной науки?
- 6.33. Какие геометрические рассуждения и какие приборы использовал Эратосфен при расчете диаметра Земли? Какой результат у него получился? Велика ли была ошибка?
- 6.34. Какая работа содержала более трудные математические расчеты: вычисление диаметра Земли (по Эратосфену) или диаметра Солнца (по Аристарху)?

- 6.35. Что было вычислено в первую очередь: длина окружности или площадь круга, поверхность шара или его объем?
- 6.36. Чем отличается расчет объема шара в современном учебнике геометрии от схем Евклида или Архимеда? Какая из этих схем самая понятная для вас?
- 6.37. Кто первый из ученых изложил историю Египта для читателей-греков? Когда это было и чем отличалось изложение от книг Геродота?
- 6.38. Почему после походов Александра Македонского греческие историки не написали подробных историй Египта или Двуречья?
- 6.39. Сейчас книгу Клавдия Птолемея считают менее крупным вкладом в науку, чем «Начала» Евклида. Почему эти две книги были одинаково популярны в средние века?
- 6.40. Какие подробности биографии астронома можно восстановить по его имени: Клавдий Птолемей? Какие еще ученые Римской империи носили похожие имена?
- 6.41. Как объяснить, что крупнейшие историки Рима лишь сравнились в мастерстве с учеными греками, а римские юристы намного превосходили греческих?
- 6.42. Представителем какой исторической школы можно считать Плутарха: греческой или римской? Что об этом свидетельствует?

Пифагор

Текст с ошибками

День сегодня торжественный: ровно 30 лет назад на широкой приморской равнине у Фермопил¹ фаланга афинян разгромила бесчисленные и беспорядочные орды персов². Сам Царь царей³ — Артаксеркс III бежал, переодевшись в женский хитон⁴, пока конница «бессмертных»⁵ прикрывала общее отступление. В тот день олимпийский чемпион в стрельбе из лука⁶ — молодой Пифагор добавил к золотому венку⁷ еще более ценный трофей: железную корону Сасанидов⁸, которую трусливый царь забыл в своем шатре.

Через год на Форуме перед Парфеноном⁹ появилась гранитная статуя¹⁰ юного героя. Сам Перикл¹¹ произнес торжественную речь и принес жертву Асклепию¹² от имени своего лучшего дружинника¹³, а старый Еврипид¹⁴ сложил оду в честь избранника судьбы, чьи стрелы одинаково метко разят деревянную мишень и живых врагов отечества.

Можно ли превзойти такую славу? Не лучше ли погибнуть в расцвете сил, бросившись с Тарпейской скалы¹⁵ по примеру спартанцев, чем прожить еще долгие годы, хвастаясь на базаре¹⁶ былыми заслугами и не замечая насмешек дерзкой молодежи¹⁷? Этот вопрос Пифагор задавал себе не раз и не два, но не сумел найти ответа. Наконец помог советом товарищ по оружию — Сократ¹⁸, который не уступал Пифагору в доблести, но был куда менее удачлив.

«Пифагор! Нам с тобою надо менять профессию и искать новое счастье в жизни. Я пойду учиться у Парацельса¹⁹ и стану врачом; ты же иди к старому Евклиду²⁰ и докажи ему, что не только робкие тихони могут достичь вершин геометрии!» — таков был совет мудрого друга. Пифагор последовал ему, и вновь потекли трудные годы в гимназии...

Евклид был суров: часто повторяя, что «в геометрии нет царских и олимпийских дорог», он признал Пифагора достойным учеником лишь после того, как тот прочел все пять книг «Начал» и составил к ним задачник²¹. Все задачи были тут же решены Пифагором и его новыми друзьями: Диофантом, Платоном, Аристотелем²². Все, кроме одной: как измерить диагональ в квадрате? Оказалось, что никто в мире — даже мудрые египтяне, даже сам Учитель не умеет этого делать! В тот день Пифагор решил: «Вот новая цель моей жизни! Если я достигну ее, то принесу Гекате²³ небывалую жертву — сто черных коней!»²⁴

Много песка утекло с тех пор. Умер старый Евклид, его ученики разошлись по всей Европе. Платон уплыл в Рим²⁵, Аристотель — в далекую южную Македонию²⁶, чтобы учить геометрии местного царевича. Неплохо он его выучил! Александр сделал то, что не сумели афиняне: прогнал персов вглубь Азии и достиг края света²⁷ — сказочного Китая. Оттуда царь Эллады прислал в Афины удивительную добычу: говорящих попугаев, сладкие белые камешки²⁸ и дикинские рукописи на огромных листьях какого-то дерева²⁹. Никто не мог их прочесть, но в одной рукописи был маленький рисунок, который почему-то взволновал Пифагора³⁰. Обычная шахматная доска³¹, но зачем она разбита на треугольники? Целый год Пифагор пытался это понять. Решение пришло внезапно: три дня назад, проснувшись, он вдруг понял, что безвестный китаец умел вычислять диагональ³² квадрата! Как он это делал, неизвестно, но ответ ясен из чертежа. Если Пифагор не придет к тому же результату своими силами, значит, зря он учился у Евклида!

И вот доказательство готово: очень странный чертеж, похожий на персидские шаровары³³... Неужели без Александра с его персидским походом и без Аристотеля — старого друга, воспитавшего Александра, неужели без них Пифагор не смог бы добавить последнюю теорему к великой книге Евклида?

Только боги знают ответ на этот вопрос, но они не беседуют со смертными... Впрочем, старому Пифагору довольно того, что он сделал. Не зря прожита вторая половина жизни! Сегодня он почитит богов давно обещанной жертвой!

Архимед

Текст с ошибками

Утро мартовских ид¹ 105 г. эры Александра² не предвещало ничего замечательного. Как обычно, в Остии — порту Сиракуз³ — шла разгрузка караванов. Скифы привезли на продажу понтийскую пшеницу⁴, а египтяне — рис, который они научились выращивать у индийцев, покоренных великим Александром⁵. На одном из египетских кораблей прибыл дорогой гость — Эратосфен, старый друг Архимеда, ставший директором Александрийского Ликейя⁶.

Десять лет друзья не виделись⁷, лишь обменивались письмами, сообщая о самых свежих научных открытиях. И вот пришла пора сравнить результаты двух ведущих школ греческого мира: Александрийского Ликейя и Сиракузской академии⁸. Эратосфена сопровождает весь цвет ученой молодежи Египта: Конон⁹, Герон¹⁰, Диофант¹¹ и другие, пока известные в Сиракузах только по именам. Конечно, прежде всего разговор пойдет о геометрии. Александрийцы пришли в восторг от теоремы Архимеда об объеме шара и хотят, чтобы автор изложил во всех подробностях свой «метод песчинок» — неожиданную смесь геометрии с арифметикой, которая обещает еще более ценные плоды.

Если Архимеда именуют царем геометров, то Эратосфен — король¹² старой арифметики и новой алгебры¹³. Он сумел сделать то, что не удалось великому Пифагору: нашел 311 целочисленных прямоугольных треугольников и доказал, что других не бывает!¹⁴

Заодно Эратосфен увлекся простыми числами, на которых, по мнению Пифагора, держится мир. Он доказал, что их множество бесконечно¹⁵, и теперь ищет общую формулу простого числа¹⁶. В этих поисках Эратосфен столкнулся с «близнецами»¹⁷ — парами и тройками простых чисел, стоящими подряд. Очень важно понять:

конечно их множество или нет¹⁸? Если оно бесконечно, то никакая формула-многочлен¹⁶ не может задать все простые числа! Значит, придется изобрести какие-то новые функции¹⁹, которые стремятся к бесконечности не монотонно, а как бы по ступенькам... Тут есть о чем подумать лучшим математикам Средиземноморья!

Но не одной математикой увлекаются ученые мужи Александрии. Есть еще *химия*: древнее искусство египтян²⁰ превращать одни вещества в другие. Конечно, всякий металлург может назвать себя химиком, раз он выплавляет из руды²¹ медь или платину²². Но превратить тела моллюсков в алую краску²³ или обычное вино — в горючую жидкость²⁴ под силу только мастерам древней страны Кемт²⁵ и их греческим ученикам! Возможно, этот путь поможет описать все множество природных стихий²⁶ — от всем понятной воды до загадочного апейрона, который безуспешно искали Пифагор и Евклид²⁷.

Недавно Архимеда посетила неожиданная мысль²⁸. Известно, что любой металл (кроме золота) можно испортить, погрузив в уксус. И напротив, металлург наполняет печь углем, который отнимает порчу у руды²⁹, превращая ее в металл. Не значит ли это, что *все* камни суть металлы, испорченные уксусом и другими кислотами³⁰? Надо только научиться возвращать металлам их благородный блеск, нагревая в жарком пламени! Пример тому — Солнце, которое жарче всего на свете³¹ и потому состоит из золота. С тех пор как Аристарх доказал, что Солнце стоит в центре мироздания, каждому мудрецу ясно: все планеты произошли от Солнца³², а все вещества — из солнечного золота путем его порчи при охлаждении. Значит, в каждом камне таятся золото³⁰! Порою оно проглядывает в форме блеска или сверкает искрами при ударе камня о камень...

Все эти догадки надо обсудить с Эратосфеном. Если они верны и удастся выделить в чистом виде ту стихию, которая способна испортить даже золото, то химия станет столь же точной наукой, как арифметика, а стихии будут играть в ней роль простых чисел! Уж тогда мы узнаем форму атомов разных стихий: сбудется вековая мечта Платона³³!

Увы, большая часть этих ученых надежд не сбылась, ибо научную встречу эллинов в Сиракузах оборвали боевые действия. Римский флот под командой Аггиллия Рэгула осадил Сиракузы³⁴ с требованием, чтобы царь Дионисий перешел на сторону Рима в его борьбе с Ганнибалом³⁵. Уничтожив при Каннах римскую армию

Сципиона³⁶, свирепый вождь финикийцев осадил Рим³⁷, и теперь римляне пытались отрезать Ганнибала от подкреплений, которые шли к нему из Африки через Сицилию³⁸. Так невезучий остров вновь стал ареной войны между чужеземными армиями³⁹.

Правнук великого Александра — царь Филипп⁴⁰, занятый войной с грозным Пирром⁴¹, не успел помочь грекам Сицилии в их беде. В конце концов финикийская армия была уничтожена молодым римским полководцем Серторием⁴². Повторно осадив Сиракузы⁴³, он потребовал выкуп за гибель невезучего Аттилия Регула. Пусть славный Архимед со всеми учениками переселится в Рим, подобно Евклиду⁴⁴, иначе Сиракузы будут разрушены, а всех жителей ожидает рабство!

Старый патриот Архимед хотел покончить с собой, но сограждане упростили его пожертвовать своей честью ради их счастья⁴⁵. Так греческая ученость вынужденно «перенеслась» из Сицилии в Рим. Став не только сильнейшим, но и ученейшим городом Италии⁴⁶, Рим сделал последний решающий шаг на пути к мировому господству. Славная Александрия хранила свою независимость в течение еще одного поколения — до кончины Эратосфена⁴⁷, — затем ее постигла судьба Сиракуз. В результате внук Эратосфена — Полибий — стал римским ученым⁴⁸. Он написал историю войн римлян за сплочение Средиземноморья в нерушимую империю, которая процветала в течение семи веков⁴⁹.

Плутарх

В 650 г. от основания республики¹ придворный историк Плутарх² получил от правящего Цезаря — Марка Аврелия³ — важное задание. Нужно создать галерею героев Римской державы минувших лет и веков⁴. И не просто перечислить их имена и подвиги, а сравнить каждого римского героя с одним из знаменитых эллинов, которого римлянин в чём-то превзошел. В этой работе Плутарх волен использовать любые книги прежних историков: от Геродота до Тацита. Но итоговый труд должен читаться легко и способствовать процветанию империи — так же, как сто лет назад⁵ этой цели послужил труд Марка Полибия⁶! И вот мудрый Аврелий Плутарх⁷ погрузился в раздумье.

Первый обязательный герой будущей книги — Гай Юлий Цезарь, прямой предок нынешнего императора⁸. Сравнить первого Це-

заря нужно, конечно, с Александром Македонским. Правда, Цезарь уступал тому вождю в дальности военных походов, зато намного превзошел его в прочности созданной державы. Вторым героем Империи стал Октавиан Август⁹. С кем его сравнить из преемников рекса¹⁰ Александра? Лучше прочих подходит Селевк Никатор¹¹ — основатель Восточного царства со столицей в Вавилоне, чьи земли недавно отвоевал у царя Антиоха император Марк Порций Траян¹².

Далее нужно похвалить соратников первого Цезаря — даже тех, с кем он потом поссорился¹³. Например, Гней Помпей¹⁴ — покоритель Испании и Сирии. В Элладе ему соответствует Антигон Одноглазый — покоритель Кавказа и Армении¹⁵. Он, подобно Помпею, не захотел делиться властью с другими диадохами и погиб в бою с ними при Иссе¹⁶, как Помпей¹⁷ погиб при Мунде¹⁸.

Нельзя забыть и Марка Красса¹⁹ — старшего друга Цезаря, подавившего бунт рабов на Сицилии²⁰, но погибшего от стрел персов в восточной пустыне. Сходную участь испытал старый македонец Парменион²¹ — наставник Александра в пору его юности. А вот сын Пармениона — Кассандр — его стоит сравнить с храбрым Титом Лабиеном²². Пока тот был верен Цезарю, они вместе успешно покорили Галлию. Но стоило Лабиену перейти в лагерь Помпея, а Кассандру — устроить заговор против Александра²³, как судьба оборвала их успехи и жизнь.

Конечно, надо написать об Антонии и Клеопатре²⁴ — нечаянных и неудачливых наследниках дел Цезаря. Властную царицу Египта можно сравнить с Олимпиадой — царицей Македонии, пережившей своего сына, но не удержавшей власть даже на своей родине. Напарником Олимпиады в той борьбе был Антипатр — военный губернатор Македонии в отсутствие Александра. Лишённый царского авторитета, Антипатр уступил власть преемникам Антигона Одноглазого и покончил с собою вместе с Олимпиадой²⁵.

Наконец, последний великий эллин в команде Александра — это хитроумный Птолемей, подражавший Одиссею. Кто подобен ему в римской истории? Видимо, тот, кому первый Цезарь поручил свой флот в решающей битве при Акции возле острова Итака. Это Марк Випсаний Агриппа: он удержал Африку под властью Рима. Его дочь стала прабабкой нынешнего хозяина Римской державы. Цезарь Марк Аврелий наверняка будет доволен таким выбором героев Римской истории. Перо Плутарха рвётся к чистому листу александрийской бумаги²⁶. В добрый час!

7. Наука в античных империях (Македония, Рим, Китай)

Греческая наука занимает в истории человечества особое место, поскольку с самого начала она развивалась в *гражданском* обществе, где власть правителей ограничена либо волей общего собрания граждан, либо законами, которые это собрание сумело навязать правителям. Оттого любознательные эллины могли либо *играть* в науку (как в политику), либо заниматься ею как религией, не оглядываясь на городскую власть и жречество и опасаясь только массовых суеверий сограждан. Великое разнообразие полисов Эллады позволяло каждому ученому сменить место жительства и работы, если он вступал в конфликт с властями.

Объединение Эллады под властью македонцев резко изменило положение ученых в греческом обществе. Теперь во главе государства стоял могучий царь, более или менее просвещенный и ограниченный только волей своих воинов. Служить такому царю за плату и подчиняться его приказам — либо заниматься наукой подпольно, общаясь лишь с немногими друзьями и не получая денежного вознаграждения. Такой выбор должно было сделать новое поколение греческих ученых в каждой державе, основанной наследниками Александра Македонского.

Ученые разных профессий по-разному решали для себя этот вопрос. Математикам и натурфилософам было проще, ведь их науки давно вошли в культурный минимум верхушки греческого общества. Без знания начал геометрии и астрономии гражданин считался невеждой, и новая верховная власть не хотела менять такое положение дел. Однако мысль о неуклонном *прогрессе* естествознания, о приложении его высших достижений к *технике* (особенно военной), была чужда большинству просвещенных эллинов. Из всех ученых Эллады только гениальный Архимед был одновременно великим инженером. Показательно, что захват Сиракуз римлянами не привел к улучшению римской военной техники. Освоить наследие погибшего Архимеда римляне не сумели и, кажется, даже не пытались. Аналогично паровая турбина, изобретенная александрийцем Героном в I в. н.э., не стала зародышем технической революции в Римской империи.

Совсем иначе относилась верховная власть к общественным наукам, прежде всего к истории. Ведь ученый-историк вольно или

невольно оказывается в роли советника или судьи тех правителей, дела которых он описывает, или тех, под чьей властью живет. Даже афинские демократы порой применяли репрессии по отношению к неудобным историкам: например, Ксенофонт подвергся изгнанию за недостаточный патриотизм. Цари-македонцы были столь же бдительны. Например, Птолемей I сам диктовал придворным летописцам воспоминания об Александре Македонском, и эти мемуары стали главным источником информации для будущих историков первой греческой империи.

Римляне, в отличие от македонцев, не торопились с усвоением греческой учености. Даже во II в. до н. э., когда средиземноморские державы одна за другой становились вассалами Рима, римские патриции с презрением относились к умственным ухищрениям «разложившихся греков». К этому времени национальная культура римлян оформилась, и для науки места в ней не осталось. Крупнейший римский поэт Гораций писал, что боги предопределили каждый народ для выполнения определенной функции в мире. Одни — хорошие строители или художники, другие — отличные мореходы и купцы. Римлянам же положено хранить равновесие сил между прочими народами, защищая и милуя слабых и покорных, но беспощадно карая нарушителей спокойствия.

Поэтому даже самые просвещенные римляне воспринимали геометрию, астрономию или физику как безвредное греческое излишество. Иное дело история: она нужна всем гражданам как основа общего патриотизма и необходима правителям как руководство для государственных дел. Например, выдающийся римский полководец Сципион Эмилиан Африканский, разрушитель Карфагена, стал покровителем греческого заложника Полибия. Это позволило ученому греку написать первую историю Римской державы, где основное внимание уделено Пуническим войнам и устройству армии.

Последующие историки-римляне продолжили ту же линию: они писали не столько историю людей, сколько историю державы. Отдельные люди или народ в целом интересны только как творцы этой державы — более или менее удачливые, в зависимости от воли богов и Судьбы. При этом Судьба ставилась выше всех богов Рима, подобно тому, как воля римского сената и народа выше намерений любого политика.

В таком стиле написал «Историю Рима от основания Города» Тит Ливий — современник императора Августа и свидетель конца

Римской республики. До него появлялись лишь описания отдельных ярких эпизодов римской истории, таких как Пунические войны и гражданские войны I в. до н. э. Особое место среди историков той поры занимает Гай Юлий Цезарь — политик и полководец, который стремился к верховной власти, преодолевая все препятствия.

Свою книгу «Записки о Галльской войне» Цезарь писал или диктовал в перерывах между боевыми походами и немедленно отправлял готовые главы в Рим, где они распространялись в рукописи и зачитывались публично. Так Цезарь впервые использовал историческую науку как орудие политической пропаганды. Пусть граждане Рима знают о подвигах римской армии за Альпами и пусть ценят ее победоносного вождя выше, чем неудачливых городских политиков!

После установления империи стиль римских историков изменился. Теперь они большее внимание уделяли поступкам выдающихся личностей: полководцев, ораторов и правителей. Стало модным *сравнивать* выдающихся деятелей современности и давних времен — в том числе из других народов, кроме римлян.

Так, Корнелий Непот составил сборник биографий прославленных иноземных полководцев, включая ненавистного римлянам врага — Ганнибала. Грек Плутарх в эпоху Траяна и Тацита шагнул еще дальше: он составил более 20 *парных* биографий, сочетая каждого деятеля римской истории с подобным ему деятелем Эллады.

Заметим, что ни один из поздних римских историков не сумел или не решился продолжить научные подвиги Тита Ливия и Плутарха: написать *последовательную* историю развития Римской империи в сравнении с историей республики либо сравнить *параллельные* биографии деятелей империи с деятелями республики. То же самое заметно в деятельности прославленных римских юристов: никто из них не написал историю *развития* римского права в рамках республики и империи. Такова общая черта имперского сознания: оно рассматривает существующее положение дел и людей как венец прежних трудов и стремлений, не подлежащий дальнейшему качественному изменению.

Не удивительно, что вершиной научной мысли Средиземноморья в имперскую эпоху стали обширные *энциклопедии*. Первую из них — «Естественную историю» — составил в I в. н. э. Гай Плиний Старший, включив в нее все достижения практического естествознания: географию и минералогию, зоологию и ботанику, метеорологию и технику. Книга Клавдия Птолемея стала общепризнанной

энциклопедией астрономии. Книга Евклида рассматривалась как вершина математики. Поэтому никто из римлян или греков имперской эпохи не пытался дополнить этот учебник, включив сведения об открытиях Архимеда, Эратосфена или Диофанта. Впрочем, Плиний также не упомянул в своей энциклопедии о гипотезах прежних натурфилософов — от Анаксимандра до Аристотеля.

Полезно сравнить такой итог развития наук в Средиземноморье со сходными процессами в Дальневосточной ойкумене — до установления Китайской империи и после этого рубежа. На востоке Евразии нет внутреннего моря, которое облегчает контакты между отдаленно живущими народами. Коммуникации идут по большим и малым рекам и каналам, как в Египте или Месопотамии. Не удивительно, что цивилизация в Китае развивалась по схожему пути. Сначала возникло множество племенных княжеств, затем одна из династий (Инь) объединила все княжества вдоль среднего течения реки Хуанхэ и построила первые города с кирпичными дворцами. Потом держава Инь распалась под ударом варваров чжоу, которые подчинили себе всю долину Хуанхэ.

В царстве Чжоу началось непрерывное летописание, появился свод законов. В VIII в. до н. э. царская власть пришла в упадок, усилились местные князья. При дворах князей работали многочисленные ученые, в VI—V вв. до н. э. среди них выделились историк-обществовед Кун Цю (Конфуций) и натурфилософ Лао-цзы.

Конфуция нередко сравнивают с Платоном: ведь он тоже потерпел неудачу в роли министра разных князей, а потом основал первый в Китае университет. Сравнивают его и с Геродотом: Конфуций составил и отредактировал первый сборник китайских летописей «Чунь Цю». Но в памяти китайцев Конфуций остался универсальным культурным героем, поскольку создал учение о поведении человека в обществе, которое дожило до наших дней, став национальной религией. Как это получилось?

Китайская цивилизация не изобрела алфавита, оставшись на уровне иероглифов. Но буквы изображают звуки, а иероглифы — смысловые единицы. Поэтому иероглифы до сих пор остаются главными элементами всех китайских моделей мира, в том числе научных моделей. Вводя новое понятие, ученый-китаец может составить новую комбинацию привычных иероглифов или придать новый смысл давно известному иероглифу. Например, Конфуций придал иероглифу Жэнь (человек) новый смысл: «гуманность»; другим

иероглифом — Ли (обряд) он обозначил правила поведения человека в семье или государстве.

Такой подход позволил Конфуцию изобрести гармоничную систему обучения молодежи, в которой сочетались музыка и фольклор, придворный этикет и культ предков, логичные рассуждения и любование природой. В отличие от системы Платона, система Конфуция *не* включает точные науки (геометрию и арифметику), в ней меньше свободы самовыражения для учеников, меньше смелости в высказываниях учителя. В общем, система Конфуция производила идеальных чиновников для имперской государственной машины. Как только (через 300 лет после Конфуция) Китай был воссоединен династией Хань, конфуцианство стало официальной имперской идеологией. Так с самого начала гуманитарные науки в Китае приняли благонамеренный и послушный вид.

Иначе получилось с натурфилософией. Ее основу в Китае заложил Лао-цзы — современник Пифагора и единомышленник Гераклита. Он составил книгу «Дао Дэ цзин» — по сути цельную *модель теоретической физики*, которая обошлась без математики и потому была оценена учеными европейцами только в XX в.

Лао-цзы принял в качестве основных универсалий не сами природные стихии, а меняющиеся со временем и измеримые (хотя бы на глазок или интуитивно) характеристики природных тел: Дао (путь) и Дэ (силу). При этом Дао обозначает не только траекторию движения тела, но и тот *закон* природы, который ограничивает движение тела этой траекторией. Дэ обозначает ту силу (либо импульс, энергию, действие), которая вынуждает тело двигаться по пути, присущему ему (согласно Дао). И конечно, речь идет не только о механическом движении тел.

Понятия Дао и Дэ в равной мере применимы к движению планет и к цветению деревьев, к облакам в воздухе и к государствам в Дальневосточной ойкумене. Все эти объекты — различные формы, принимаемые универсальной стихией Ци, которая напоминает апейрон Анаксимандра. Китайские натурфилософы были уверены в единстве законов и сил, регулирующих все природные процессы!

Такая чрезвычайно общая и глубокая картина мира близка по духу физике XX в. Но доведение этой модели до предсказаний, проверяемых на опыте, требует весьма изощренной математики: такой, какую даже европейцы сумели изобрести только к концу XIX в. Лао-цзы

и его преемники в Китае не владели геометрией и арифметикой даже на уровне Евклида; оттого китайская *физическая философия*, оторванная от математики, так и не стала полноценной физикой.

Тем временем политическое развитие Дальневосточной ойкумены продолжалось. В 221 г. до н. э. западное царство Цинь (подобное диковатой Македонии) объединило страну военной силой. Первый император (Цинь Ши хуанди) решил взять под свой контроль всю идеологию, а значит, все общественные науки. Их преподавание было разрешено только в столичном университете, только там могли храниться копии древних летописей. Не согласных с такой дисциплиной грамотеев казнили, неподходящие книги сжигали. Так погибла большая часть культурного наследия античного Китая. То, что уцелело в частных руках за недолгий срок империи Цинь, было принято в качестве канона следующей династией Хань, которая правила в Китае четыре столетия (206 г. до н. э. — 270 г. н. э.), до начала переселений варваров.

Первый крупный ученый появился в империи Хань через сто лет после ее основания. Это современник Полибия — придворный историк Сыма Цянь, которого иногда называют китайским Геродотом. Но вернее сравнить его с Титом Ливием, поскольку Сыма Цянь тоже проследил развитие своего народа от первобытности до имперской фазы. Его труд «Ши Цзи» («Исторические записи») опирался на огромную традицию преданий и летописей: в общей сложности она охватила более пятнадцати веков.

За такой срок Дальневосточная ойкумена (Тянь Ся) несколько раз политически объединялась и вновь распадалась. Сыма Цянь пришел к выводу, что эти вековые колебания — неизбежная особенность исторического процесса. Так в историческую науку вошла циклическая модель социальной эволюции. Аристотель был близок к этой схеме, но он рассматривал три соперничавшие политические компоненты (демократию, аристократию, монархию) и пришел к выводу об их *нерегулярном* чередовании в государстве в масштабе десятилетий.

Двести лет спустя работу Сыма Цяня продолжил другой историк — Бань Гу (современник Корнелия Тацита). Он слышал о существовании где-то в дальнем западном конце Шелкового пути других царств — Ирана и Римской империи, но не мог вычислить длину этого пути. Бань Гу также мог оценить трехвековой имперский опыт династии Хань, который включил в себя бюрократическое вы-

рождение двора, переворот Ван Мана и крестьянскую революцию «Красных бровей» в начале I в. н. э. Однако сравнить этот кризис с давней гибелью империи Цинь и предсказать повторение таких кризисов в будущем (по теории Сыма Цяня) придворный историк не решился. Таким образом, после Сыма Цяня развитие исторической мысли в Китае остановилось, хотя накопление фактов и понятий продолжалось.

То же самое относится и к китайской натурфилософии. Труд Лао-цзы стал в Поднебесной империи каноном, вроде «Начал» Евклида на другом краю Евразии. Комментаторы добавили к этой модели Вселенной несколько новых компонентов. Так, иероглиф Фэн (ветер) приобрел значение, соответствующее *кинетической* энергии, а иероглиф Гу (остов) — *потенциальной* энергии любой природной системы. Иероглиф Вэнь (узор) стал обозначать разнообразие природных объектов и движений. И так далее... Все это оставалось в резерве мировой науки (наравне с «Физикой» Аристотеля) до тех пор, пока не появились методы численного измерения наблюдаемых значений таких переменных величин, а потом и математические понятия, необходимые для работы с ними.

Китайские ученые-энциклопедисты работали в империи Хань так же активно, как Плиний и его коллеги в Средиземноморье. Появились аналоги астрономического трактата Птолемея, но, конечно, без таких солидных геометрических обоснований. Ничего подобного «Началам» Евклида китайские математики так и не создали. Не возникло трудов по логике, подобных «Органону» Аристотеля. Одним словом, имперская наука затормозила свое развитие на востоке и на западе Евразии. Это положение продлилось до гибели античных империй: держава Хань распалась в конце II в., Римская империя — в конце IV в. Так в жизни человечества началась очередная политическая эра, отмеченная переселениями варварских племен и религиозными революциями на руинах античных империй. При этом наука отошла на задний план мировой культурной сцены.

Задачи. Серия 7

- 7.1. Когда жили историки, описавшие эпоху Александра Македонского? Почему не сохранились книги, написанные современниками этих событий?

- 7.2. Кто из римских историков впервые описал события I в. до н. э.? Какие события этой бурной эпохи оказались наиболее популярными у римлян?
- 7.3. Какие научные и литературные произведения появились в Риме во время Галльской войны? Назовите этих авторов?
- 7.4. Кто, кроме Цезаря, описал войны Цезаря? Чем отличаются эти книги от «Записок о Галльской войне»?
- 7.5. Если считать Цезаря ученым, то какая наука была для него главной?
- 7.6. Чем отличалось отношение Цезаря к варварам от отношения к ним Сципиона Африканского? Как это связано с переходом римлян от полисного сознания к имперскому?
- 7.7. Почему македонские цари и сподвижники Александра не сумели создать устойчивую империю в Средиземноморье, а римлянам это удалось?
- 7.8. Многие историки считают, что Ассирийская и Персидская державы были империями, а Птолемеевский Египет — не был. Как можно обосновать или опровергнуть эту точку зрения?
- 7.9. Какую державу можно назвать первой империей в истории Китая?
- 7.10. Что известно о создателях империи Цинь? Кто из деятелей Средиземноморья или Ближнего Востока был похож на них?
- 7.11. Назовите основателей империи Хань. Кто из политиков Элады или Рима похож на Лю Бана, Сян Юя, Чжан Ляна?
- 7.12. Что общего и какие различия заметны в построении книг Тита Ливия и Геродота?
- 7.13. Чем отличается структура книги Сыма Цяня от структуры книги Тита Ливия? Какая из этих книг лучше подходит в качестве учебника истории?
- 7.14. Почему книги Сыма Цяня и Геродота сохранились полностью, а книги Тита Ливия и Полибия — лишь частично?
- 7.15. Кто из двух историков — Сыма Цянь или Тит Ливий — был большим оптимистом? Почему так?
- 7.16. Сравните исторические труды Корнелия Тацита и Бань Гу. В чем их сходство и главное различие?

- 7.17. Из каких источников черпали Бань Гу и Корнелий Тацит свои сведения о варварах? Какая разница заметна в отношении римлян и китайцев к варварам?
- 7.18. Когда римское законодательство развивалось более активно: при республике или при империи? Почему так?
- 7.19. Когда система римского права приняла окончательную форму? Почему это произошло так поздно?
- 7.20. Можно ли сравнить своды законов Китая и Рима? Если это сравнение неудачно, то какие своды законов Средиземноморья и Ближнего Востока ближе к китайским законам?
- 7.21. Есть ли связь между разницей в структуре законов Китайской и Римской империй и разницей в уровне развития математики в Средиземноморье и Поднебесной?
- 7.22. Когда начал действовать Шелковый путь? С какими политическими событиями связано его рождение?
- 7.23. Какие товары везли по Шелковому пути с востока на запад и какие — в обратную сторону? За какой срок проходил караван весь этот путь? Кому и почему была более выгодна торговля вдоль Шелкового пути: китайцам, римлянам или народам-посредникам?
- 7.24. Существовал ли морской аналог Шелкового пути? Какова могла быть его трасса? Какой из этих двух путей начал действовать раньше и почему так?
- 7.25. Были ли прямые дипломатические контакты между Римской державой и империей Хань? Какие общие интересы могли привести эти державы к сближению?
- 7.26. Приведите примеры греческих и римских деятелей, которых Плутарх объединил в пары. По каким признакам он это делал?
- 7.27. Выберите несколько пар греческих и римских деятелей из перечня Плутарха; сравните *длины* отрезков времени между сроками жизни грека и римлянина в этих парах. Заметна ли здесь какая-нибудь закономерность?
- 7.28. Чем отличались библиотеки Римской империи от библиотек Эллады и Китая? Были ли в Риме и Китае государственные библиотеки вроде Александрийской?
- 7.29. Чем отличались карты, распространенные в Римской империи, от карт, которые рисовали ученые-эллины? Каковы причины этой разницы?

- 7.30. Какие детали биографии Гая Плиния Старшего вам известны? Как они связаны с его научной работой?
- 7.31. Сравните деятельность Клавдия Птолемея и одного из астрономов ранней Эллады. Какая заметна разница? Заметна ли такая же разница между работой Плиния Старшего и Платона?
- 7.32. Чем отличались деятельность китайских астрономов и их научные результаты от работы греческих или вавилонских астрономов?
- 7.33. Сравните деятельность двух знаменитых врачей античного Средиземноморья — Гиппократ и Галена. Какая заметна разница? Как ее можно объяснить?
- 7.34. Отчего прогресс медицины или зоологии в античном мире не был так заметен, как развитие исторической науки, астрономии или математики?
- 7.35. Какие связи между явлениями природы и общества позволяет установить система универсалий, предложенная Лао-цзы? Приведите известные вам примеры и постарайтесь придумать другие.
- 7.36. Как согласуется натурфилософия Лао-цзы с этическим учением Конфуция?
- 7.37. Почему античная натурфилософия Лао-цзы оставалась популярной в Китае на протяжении всего средневековья, тогда как в Средиземноморье упадок греческой натурфилософии произошел уже в III в. н. э.?
- 7.38. Как можно согласовать бурное распространение христианства в поздней Римской империи и тот факт, что в Китае не было схожих всплесков религиозности?
- 7.39. Есть ли сходство в научных или религиозных убеждениях поздних имперских римлян и китайцев в конце эпохи Хань? Если да, то в чем заметны различия?
- 7.40. Можно ли назвать китайского правителя Ван Мана ученым? Если да, то какую модель мира он использовал в своей деятельности?

8. Наука в Темные века

В III—V вв. н. э. все великие державы античного мира погибли. Их земли и население попали под власть иных народов, как правило,

варваров, чуждых прежней цивилизации и городскому образу жизни. Новые владыки и прежние хозяева, ставшие теперь слугами в своем доме, не понимали друг друга. Это часто приводило к кровопролитию и разрушениям и всегда — к упадку традиционной культуры. Понятно, что в таких условиях научные занятия прекратились повсеместно. Зато возымели огромный успех проповеди новых и старых мировых религий (буддизма, христианства, ислама), которые не признают существенными национальные различия между людьми.

«Нет ни римлянина, ни эллина, ни иудея, но все — христиане!» — эту заповедь апостола Павла в I в. н.э. услышали и приняли немногие подданные Римской державы. Но через три века общие несчастья толкнули большинство имперских граждан в лоно нового христианского братства. Имперская власть пошла на поводу у масс: в 312 г. император Константин I разрешил всем подданным беспрепятственно исповедовать христианство, а в 380 г. Феодосий I сделал христианскую веру обязательной для имперских чиновников. Эти меры не спасли старую империю. Но они заложили основу для формирования нового народа — *ромеев*, сочетавших римское имя с греческим языком, еврейской верой и готовых принять в свои ряды каждого честного человека, который признает Христа высшим авторитетом.

Все это не имеет отношения к науке, но ясно, что в обществе с такой идеологией наука может сохраниться только в симбиозе с новой верой. Если в полисах Эллады натурфилософия выросла в атмосфере политических дискуссий, то в христианских или буддийских центрах она возродилась в рамках богословия. Первым богословом научного склада в распадающейся Римской империи стал блаженный Августин — епископ бывшего Карфагена, который в 430 г. захватили вандалы. Сто лет спустя восточно-римский император Юстиниан I отвоевал Карфаген у варваров и распустил Афинскую академию. Но вскоре в Италии появились первые монастыри ордена бенедиктинцев. Эти монахи старались уберечь от рук варваров те остатки былой имперской культуры и учености, которые не противостоят Священному Писанию. Так были спасены многие труды Платона и Аристотеля, Геродота и Тита Ливия, Евклида и Птолемея.

Конечно, церковники превратили эти тексты в канон, подлежащий лишь заучиванию и комментированию, но избежать критического обсуждения древней учености в монастыре было невозможно. Так во тьме невежества, охватившей всю сельскую часть бывшей Римской державы и большинство ее городов, остались тлеющие, но

не гаснущие угольки научной деятельности. Со временем из них возгорелось пламя итальянского Возрождения.

Схожие процессы шли в Индии, где давно укоренился буддизм. Его приняли в качестве государственной религии *кушаны* — кочевники, пришедшие из Средней Азии на смену греко-бактрийским царям (наследникам Александра Македонского). Изгнание кушанов царями национальной династии Гуптов в III в. н.э. повысило активность индийцев во всех сферах — от религиозной проповеди до научных занятий. К концу V в. в Индии выросли первоклассные ученые: лингвист Панини и математик Арьябхата.

Почему первый ученый-лингвист появился в Индии, а не в Элладе? Одной из причин этого была, видимо, языковая однородность населения Эллады (заметная уже в эпоху Троянской войны) и огромная языковая пестрота Индии.

Чтобы твой родной язык (санскрит) стал средством международного общения, нужно изложить все его правила с полной ясностью: превратить грамматику в подобие арифметики. Кроме знания математики, для этого нужен опыт изучения нескольких чужих языков, желательно, схожих с твоим родным языком. Панини повезло: он хорошо знал персидский и греческий языки, поэтому стал первым в мире сравнительным лингвистом. Структурная грамматика санскрита, составленная Панини, является первым образцом лингвистической науки и достойно соперничает с такими книгами, как «Начала» Евклида, «Органон» Аристотеля, «Арифметика» Диофанта и «Свод римского права», созданный в середине VI в. по заказу Юстиниана лучшими юристами Византии.

В эпоху эллинизма любознательные индийские монахи (буддисты и индуисты) увлеклись греческой математикой. Они с восторгом усвоили логику геометрии и, видимо, были удивлены: почему мудрые греки не довели до такого же совершенства арифметику? Очевидно, не хватило строгого определения ее объектов — чисел, или хотя бы наглядного образа: что есть число?

Для эллина такой образ мог быть либо геометрическим (отношение длин двух отрезков), либо простым значком — буквой алфавита. Оба этих способа изображения годятся для малых чисел, но для больших чисел нужно нечто новое. Индиец Арьябхата придумал такой образ: он представил любое натуральное число как сумму возрастающих степеней числа 10, взятых с разными коэффициентами — от 1 до 9. Эти коэффициенты можно изобразить буквами.

Арьябхата использовал для этого согласные буквы, а гласными обозначил те степени числа 10, которые участвуют в разложении данного числа на слагаемые.

Так «портретом» каждого натурального числа стало слово; арифметика превратилась в подобие грамматики, в которой индийцы уже были знатоками. Вскоре они поняли, что удобно ввести для записи чисел новый «алфавит» из цифр, которые невозможно спутать с буквами. В начале VII в. индиец Брэхмагупта включил в такой «алфавит» цифру 0 для изображения числа ноль. Так сложилась основа для *формализации* всех арифметических действий с числами. Долгое время этой «числовой грамматикой» занимались только люди, но в XVII в. были изобретены механические устройства (арифмометры), которые тоже умеют работать с числами. В XX в. этот путь привел к созданию электронных компьютеров.

Пока индийцы наводили грамматический порядок среди чисел, разноплеменные жители Ближнего Востока пытались навести сходный порядок среди природных веществ. На этом пути рождалась *химия* — искусство таких действий с веществами, которые необратимо изменяют их свойства и порождают новые вещества. С глубокой древности люди умели вызывать эти изменения путем *обжига* руд — в пламени костра или в доменной печи. Одновременно была освоена реакция *брожения*, которая проходит при невысокой температуре: ее результат — образование спирта и уксусной кислоты. Кроме уксуса, античные ремесленники знали еще одну кислоту — соляную, которая содержится в желудочном соке. Но эти кислоты — довольно слабые, хотя действуют без нагрева; нет ли в природе сильных окислителей с такой же способностью?

Через несколько веков поиск в этом направлении привел к синтезу *серной* кислоты. С ее появлением (в XIV в.) химия стала могучей наукой. Но гораздо раньше, в VII в., стихийные опыты химиков выявили неожиданное свойство аммиачной селитры. Даже при слабом нагреве она становится очень сильным окислителем, выделяя (как мы теперь знаем) атомарный кислород. Первые опыты в этой области привели ромея Каллиника из Баальбэка к изобретению «греческого огня», который в 670-е годы помог ромеям защитить Константинополь от арабов. Дальнейшие опыты (в Китае и Византии) завершились созданием *черного пороха* из селитры, серы и угля. Уже в VIII в. порох применялся при запуске ракет и подрыве мин, а в XII в. в Китае появились первые пушки.

Так в хаосе Великого переселения народов и в жестокой борьбе между новыми национальными державами нечаянно возникли ростки новых наук, которые по тем или иным причинам не дали мудрым эллинам и китайцам в пору их творческой юности. Теперь наступила зрелость: все цивилизации человечества вступили в контакты между собой, научные и технические новинки довольно быстро становились общим достоянием.

Например, еще во II в. до н. э. в Китае был изобретен *магнитный компас*. В эпоху Хань его использовали китайские армии, сражавшиеся с кочевниками в бескрайней степи или в тропических лесах Индокитая. В раннем средневековье компас стал орудием купцов и иных землепроходцев — сперва вдоль Шелкового пути, потом на Пути пряностей. Появились карты земной поверхности, составленные с учетом показаний компаса. Мастера рисовали эти карты на *бумаге*, которая была изобретена в Китае в конце эпохи Хань.

В Китае новый писчий материал уверенно выиграл соревнование с бамбуковыми дощечками и шелковыми свитками, а на западе Евразии — с папирусом и пергаментом. Алфавитно-бумажные рукописи открыли путь к массовой грамотности для новых народов, едва вышедших из стадии варварства. Мировые религии стали общей основой для огромного и пестрого букета национальных культур, сменивших былое единство имперской идеологии. В такой культурной среде возобновилось развитие наук, которые перестали быть достоянием одного народа или одной державы. Средневековая наука стала единым полем деятельности для всего человечества. На этом поле шел вековой диалог различных цивилизаций, которые попеременно выступали в роли учеников и учителей.

Задачи. Серия 8

- 8.1. Сравните сроки начала и окончания Темных веков в Средиземноморье, Индии и Китае. Заметна ли какая-либо аналогия?
- 8.2. Как можно описать изменения в деятельности «варварских» народов на протяжении Темных веков? Заметен ли в эту эпоху экономический или политический прогресс варваров?
- 8.3. Чем отличалось мировоззрение блаженного Августина от мировоззрения греческих философов классической эпохи (например, Платона)? Каков смысл названия книги «О Граде Божием»?

- 8.4. Какой район Римской империи стал центром христианской мысли в III в. н. э.? Почему так получилось?
- 8.5. Отмечена ли в Китае гибель империи Хань возникновением антигосударственной идеологии? Заметно ли сходство этой идеологии с христианством? Какие заметны различия?
- 8.6. Многие историки XX в. считают, что обе сверхдержавы: Рим и Хань — были разрушены одновременным ударом «внешних варваров» снаружи и «внутреннего пролетариата» изнутри. Какие факты подтверждают или опровергают эту гипотезу?
- 8.7. Какие районы бывшей Римской империи стали в IV—VI вв. источниками новых ересей? Какие события способствовали этому?
- 8.8. Как можно объяснить победу православных над арианами на первом Вселенском Соборе? Какое из этих двух мировоззрений кажется вам более научнообразным?
- 8.9. Сильно ли отличалась догматика несториан и монофизитов от догматики православных и ариан? Какое из этих учений кажется вам наименее противоречивым? Связана ли логическая строгость вероучения с его политическим успехом?
- 8.10. Известно, что в Индии в Темные века преобладающей религией стал индуизм, оттеснивший буддизм. Как можно объяснить этот факт?
- 8.11. Кого из античных философов выше всего ценили творцы ранней христианской схоластики? Кем они пренебрегали и почему? Что изменилось в последующие века?
- 8.12. Кто из историков Римской империи лучше всего описал начало Великого переселения народов и кто — конец этой эпохи? Когда жили эти ученые, какие события они описали?
- 8.13. Даже в эпоху Великого переселения народов ни буддизм, ни христианство не стали массовыми религиями в Китае. Как это можно объяснить?
- 8.14. Кто был по происхождению и по должности Григорий Турский? Какую модель исторического процесса он считал наиболее близкой к истине?
- 8.15. Сравните развитие научной мысли в IV—V вв. в Константинополе со сходным процессом в Александрии. Какие заметны различия? Как их можно объяснить?

- 8.16. Какие районы Евразии стали в Темные века полем самой активной проповеди буддистов?
- 8.17. Из чего изготавливали в Китае первые компасы? Как выглядел этот прибор?
- 8.18. Кого из ученых китайская традиция называет изобретателем компаса? Чем еще прославился этот человек?
- 8.19. Как описывает буддийская традиция изобретение бумаги? Правдоподобна ли эта история? Из какого сырья изготавливали китайцы первую бумагу?
- 8.20. Чем отличается фарфор от обычной керамики (фаянса)? Какие технологические трудности преодолели изобретатели фарфора? Когда и где это произошло?
- 8.21. Для чего в состав черного пороха вводят селитру, серу и древесный уголь? Объясните их роль в процессе горения пороха.
- 8.22. В каких условиях черный порох взрывается, а в каких только горит? Почему так? Какие взрывчатые вещества ведут себя иначе?
- 8.23. Чем отличался «греческий огонь» от черного пороха по составу? Какое из этих двух изобретений было более трудным?
- 8.24. Чем отличаются от «греческого огня» его заменители, появившиеся в XX в.? Есть ли разница в тушении этих разновидностей «огня»?
- 8.25. Почему первые ракеты появились сразу после изобретения пороха, а первые пушки гораздо позже? Какие технические проблемы пришлось решить изобретателям пушек?
- 8.26. В каких сражениях и с каким результатом был впервые применен «греческий огонь»? Где и когда были впервые применены боевые ракеты и пушки? Как еще применялся порох в средневековье?
- 8.27. Перечислите несколько принципов римского права, ставших афоризмами.
- 8.28. В каком литературном произведении изображено начало Темных веков в Китае? Кто и когда написал этот текст? В чем причина его стойкой популярности?
- 8.29. Можно ли объяснить бурное распространение христианства в начале Темных веков и ислама в конце этой эпохи одина-

ковыми причинами? Какую роль сыграла (или могла сыграть) разница в догмах христианства и ислама¹?

- 8.30. Вообразите ситуацию, в которой ислам не возник вообще. Был ли возможен такой вариант развития человечества?
- 8.31. Вообразите ситуацию, когда в борьбе христианских вероисповеданий победило бы не православие, а одна из ересей. При каких условиях это могло случиться и какие последствия имело бы?
- 8.32. Был ли возможен религиозный синтез буддизма и конфуцианства в Китае после гибели империи Хань?
- 8.33. Ислам был упрощенным продуктом синтеза иудаизма и христианства. Был ли возможен синтез христианства с религией Заратуштры? Какой народ и в какую эпоху мог стать носителем этой религии?
- 8.34. Какие религиозные перевороты в Темные века можно считать репетициями рождения ислама?
- 8.35. Могло ли христианство стать государственной религией Китая в Темные века?

9. Наука в средневековых державах

В течение VII в. три крупнейшие ойкумены Евразии: Средиземноморье, Иран и Китай — были в очередной раз объединены в могучие империи новыми народами, расцвет которых пришелся на раннее средневековье. В Китае народ *табгач* создал империю Тан (618—907). Вокруг Константинополя трудами *ромеев* возродилась православная Византия (610—1204). Покоренный *арабами* Иран стал ядром новой теократической державы — Халифата (632—1258), исповедующего в качестве государственной религии ислам. Интересно сравнить развитие науки в этих империях «второго поколения» с той традицией, которую оставили империи античного мира.

В Китае как будто ничего не изменилось: та же иероглифическая модель мира, та же многоступенчатая бюрократия, тот же способ пополнения чиновного сословия путем ежегодных экзаменов на должность. Темы экзаменационных сочинений брались из трудов Конфуция, оригинальность мысли и литературного стиля учеников

¹ Решить задачи 8.29—8.35 поможет книга английского историка А. Тойнби «Постижение истории», в которой впервые рассмотрены различные варианты развития европейской и ближневосточной цивилизации.

не поощрялась. Таким путем имперская администрация воспроизводила свой средний уровень — из года в год, из века в век. Ни один правитель средневекового Китая не стремился к научному или техническому прогрессу, не поощрял научные поиски. Результатом стал вековой застой китайской науки на фоне медленного стихийного развития промышленных технологий, регулярных политических кризисов и периодических реформ в экономике, а также устойчивого развития литературы. За десять веков, истекших между концом Великого переселения народов в Китае и прибытием в страну португальских мореходов (558—1518), ни один китайский ученый не превзошел сколько-нибудь значительно достижения мудрецов времен Конфуция или эпохи Хань. Так в средневековом Китае повторился опыт застоя древнего Египта или Месопотамии.

Византия VII—X вв., казалось, унаследовала то кипение страстей, которым были отмечены первые века христианской империи (312—610). Но пока кипели религиозные страсти, активным ромеям было не до науки. Когда же вопрос о вере был окончательно решен, оформился симбиоз церкви с империей в условиях военного противоборства с могучими соседями-иноверцами (будь то огнепоклонники — персы, язычники — болгары или мусульмане — арабы).

Математика и естествознание не оказывали заметного влияния на жизнь православного общества в Константинополе или провинциях, поэтому развитие точных наук не возобновилось после кризиса VI в. История и другие гуманитарные науки возбуждали такой же интерес православных имперцев-ромеев, как это бывало во времена завоеваний Траяна или оборонительных войн Юлиана. Но и эти науки широкая публика ценила как театр, а не как путь к познанию общественных сил. Не удивительно, что среди множества историографов Византии ни один не превзошел качеством мысли Прокопия из Кесарии, который описал в VI в. героическую и бесплодную борьбу армий Юстиниана с окрестными народами — от персов до готов.

Легко угадать, что сходный имперский застой положил конец научному прогрессу и в арабском Халифате. Но прежде чем это случилось, в исламском мире произошел научный взрыв, сравнимый с «эллинским чудом» VI—IV вв. до н. э. Его главная причина в том, что великие завоевания арабов в VII—VIII вв. включили в их державу интеллигенцию трех разных цивилизаций: греческой, иранской и индийской. Усвоив новую (довольно простую) религию и но-

вый государственный язык, носители давних научных традиций стали обмениваться накопленными знаниями и побуждать друг друга к новым открытиям.

Так, уже в VII в. позиционная десятичная система записи целых чисел (с нулем) распространилась во всех исламских странах; до сих пор мы говорим об «арабских» цифрах, хотя родились они в Индии. Те же арабы дали имя «алхимия» древнему ремеслу химиков Ближнего Востока. В начале IX в. персидский алхимик Гёбер (точнее, Джабир ибн Хайян) стал приближенным любознательного багдадского халифа Гаруна ар-Рашида и воспитателем его сына — халифа Маамуна.

Важнейший вклад Джабира в науку — подробное описание многих химических веществ и реакций между ними. Благодаря Джабру искусство химических опытов встало вровень с искусством арифметических расчетов или геометрических построений. Такая практика неизбежно изменила теорию естествознания. Джабир пришел к выводу, что в число природных стихий входят *ртуть* и *сера*. Первая из них — основа всех металлов, а вторая регулирует проявление металлических свойств у разных веществ.

Итак, по мысли Джабира, все металлы суть разные сульфиды ртути. Поэтому можно получить любой металл из любого другого: например, серебро из свинца, а золото из меди! Если такая реакция обычно не идет, значит, не хватает особой добавки. Химик XX в. назвал бы ее *катализатором*. Джабир употребил слово «аль-иксир». С этого начались многовековые поиски волшебного *эликсира*, который (раз уж он превращает медь в золото), наверное, способен излечить человека от всех болезней и дать ему бессмертие...

В число открытий Джабира входят получение спирта и крепкой уксусной кислоты (путем перегонки), а также слабой азотной кислоты (из селитры). Джабир описал получение мышьяка и его ядовитые соединения. Умение составлять яды и краски способствовало высокой репутации алхимиков во всем средневековом мире.

Взойдя на трон, халиф Маамун приказал построить в Багдаде Дом Знаний (Дар аль-Хикмат), подобный Александрийскому Музею (тот давно пришел в упадок). Руководителем новой академии наук стал сперва Джабир, а потом математик Мухаммед бен Мусá аль-Хорезми — согдиец из древнего Хорезма, написавший книгу «Ильм аль-джебр ва аль-мукаббала», что в переводе означает: «Учение о переносах и сокращениях», т. е. техника действий с числами и фор-

мулами. Так в научный обиход вошло слово «алгебра». Еще больший вклад Хорезми внес в тригонометрию. Он первый ввел понятия «синус» и «тангенс», причем синус обозначил арабским словом «джэйяб» — струна, тетива. (Гиппарх использовал греческое слово «хорда» с тем же смыслом.) Само прозвание «аль-Хорезми» стало источником еще одного математического термина — «алгоритм».

В XVI в. итальянские алгебраисты, прочтя перевод книги Хорезми, обозначили словом «*алгоритм*» искусство решения уравнений. В XIX в. понятие алгоритма стало центральным в математической логике, а в XX в. оно проникло в компьютерную науку. Немногие программисты знают, что двенадцать веков назад это слово было прозвищем ираноязычного математика из страны в низовьях Сырдарьи.

Хорезми занимался также астрономией и географией. В этой области он повторил открытия Гиппарха и Эратосфена, измерив расстояние от Земли до Луны и диаметр Земли, а также составив таблицу значений тригонометрических функций от углов с градусной мерой.

Другие сотрудники багдадского Дома Знаний составляли карты земель Халифата и описания населявших его народов. Кто-то ставил химические опыты, выделял (перегонкой) спирт из вина или налаживал в Багдаде производство бумаги по китайскому рецепту. Мухаммад Табарí писал историю Ближнего Востока и Исламской державы — от первых проповедей Мухаммеда и великих завоеваний его преемников до деяний новых халифов — Аббасидов.

Тем временем история Халифата шла своим неумолимым ходом. Истощенные налогами крестьяне подняли в Азербайджане антиисламское восстание под предводительством Бабéка. Они учредили «республику бедняков» и успешно отражали войска Халифата в течение 20 лет. Военные неудачи и необычная веротерпимость халифа Маамуна возмутили духовенство. В результате халиф был вынужден покинуть трон, на который взошел его брат Мутасím. Этот способный воевода не питал уважения к науке, предпочитая общество тюркских воинов — *гульмов*. Вскоре Дом Знаний пришел в упадок, зато началось возрождение наук в других столицах исламского мира: иранской Бухаре, испанской Кордове и египетском Каире.

Самым интересным ученым в исламском Египте был физик Аль-хазén (точнее, Хасán ибн аль-Хайсám). Больше всего он увлекался

оптикой и отверг гипотезу Птолемея, будто человеческий глаз видит предметы благодаря свету, *исходящему* из зрачка. Весь свет попадает в глаз *извне*, а внутри глаза он преломляется прозрачным выпуклым хрусталиком, действующим подобно хрустальной линзе, — такую теорию предложил Альхазен. Он впервые научился рассчитывать фокусное расстояние линзы и заодно рассчитал примерную толщину земной атмосферы (около 10 км). Еще точнее Альхазен установил угол наклона земной оси к плоскости обращения Земли вокруг Солнца. Но связать этот наклон с летними разливами Нила Альхазетну не удалось (это и невозможно).

Самым знаменитым *врачом* исламского мира стал Авиценна (точнее, Хасан аб́у Али́ ибн Сина́) — таджик родом из Бухары, где в X в. правила отделившаяся от Багдада династия Самани́дов. Критически переработав наследие Галена и Гипократа, Авиценна значительно превзошел этих классиков смелостью и успехом своих хирургических операций. Авиценна угадал огромную роль таких методов, как *анестезия* (с помощью настойки опия или дыма гашиша) и *антисептика* (путем промывания ран и инструментов спиртом). В итоге Авиценна успешно вскрывал и зашивал брюшную полость, делал даже операции на печени! Но попытки переливания крови ему редко удавались. Итог своих работ Авиценна подвел в новом учебнике медицины — «Каноне», который оставался важнейшим пособием врачей Ближнего Востока и Европы вплоть до XVI в.

В области географии и истории любознательные мусульмане долгое время ограничивались рамками исламского мира. Высшим достижением очередной землепроходец (будь то ибн Фадлун в X в., Идриси́ в XII в. или ибн Батту́та в XIV в.) считал возможность объехать весь мир, населенный правоверными, и описать все чудеса этого мира. Но постепенно путешественники вышли за пределы исламской Ойкумены, проникнув в Эфиопию, Поволжье, Индонезию, Китай и таежную зону Северной Евразии.

Одновременно историки Халифата вспомнили, что он возник не на пустом месте. В конце X в. персидский поэт и ученый Абулькасем Фирдоуси́ решил написать полную историю Ирана: от легендарных вождей кочевников, через эпоху царей Аршакидов и Сасани́дов, до современных ему правоверных повелителей Багдада и Нишапура. Так родилась огромная поэма «Шахнамé» («Книга Царей»). Написанная по-персидски (этот язык преобладал в исламской поэзии), она является, по сути, историческим романом в стихах.

Примечательно, что текст Фирдоуси содержит упоминания об Александре Македонском и немало подробностей о языческих царях Парфии, но ни слова о династии Ахеменидов! Видимо, давнюю эпоху Кира и Дария Фирдоуси знал только по пересказам текстов Геродота, но, будучи патриотом Ирана, он не пожелал восстанавливать историю родины по рассказам иноземцев. Кстати, афганский султан Махмуд Газневи, при дворе которого Фирдоуси завершил свой труд, был родом тюрк и прославился завоеванием Индии...

Только в XIV в. среди историков исламского мира выделился мыслитель, сравнимый с Аристотелем и Сыма Цянем. Его звали Абд-ар-Рахман ибн Хальдун; он родился в Тунисе и ощущал себя наследником местных кочевников — *берберов*. Поэтому ибн Хальдун увлекся историей кочевников — благо, он мог сравнивать многовековые истории государств, созданных арабами и берберами, тюрками и монголами.

Согласно теории ибн Хальдуна жизнь народа состоит из двух фаз: сельской и городской. В первой фазе люди живут общиной, повинуюсь традиции и не прибегая к насилию над родичами. Но богатство городов манит к себе простодушных и бедных сельчан. От обмена продуктами труда они переходят к насилию, стараясь подчинить себе горожан. Иногда это удается: тогда власть обычая среди общинников сменяется властью насилия. Вскоре вожди-победители перенимают городские навыки: они начинают обращаться с соплеменниками так же, как с покоренными горожанами. В итоге бедный и простодушный народ становится богатым, но развращенным. Спустя недолгий или долгий срок он, в свою очередь, оказывается жертвой бедных, но сплоченных и жадных соседей. В отличие от Сыма Цяня, Ибн Хальдун был знаком с учением Аристотеля. Но сам он не видел действующих городских республик и поэтому не мог проверить рассуждения Аристотеля о *чередовании* систем политической власти. В итоге историческая мысль исламского мира сделала шаг назад по сравнению с высшими теоретическими достижениями античности. Но зато расширился хозяйственный спектр народов, изучаемых историками. Наряду с оседлыми горожанами в круг внимания ученых вошли варвары-кочевники. Так началась стихийная подготовка того научного взрыва в Западной Европе, который получил название «Новое время» и участники которого, на взгляд просвещенных мусульман, в XIV в. были еще варварами.

Задачи. Серия 9

- 9.1. Назовите первых правителей великих держав средневековья: Тан, Халифата и Византии. Чем они замечательны, как относились к наукам?
- 9.2. В VII—VIII вв. ученые трех великих держав Евразии увлекались в основном гуманитарными науками. Но в IX в. в Халифате произошел сдвиг интересов в сторону естествознания. Почему этого не произошло в Китае и Византии?
- 9.3. «Безусловно запрещается достойное осуждения искусство злодеев, именуемых математиками», — так утверждал один из указов Юстиниана I. О каких «злодеях» шла речь?
- 9.4. Когда Цинь Ши хуанди приказал уничтожить большинство старых книг, он сделал некоторые исключения: эти книги разрешалось хранить в частных домах. Попробуйте угадать: какие темы рассматривались в «разрешенных» книгах?
- 9.5. С какого времени в Китае установилась система экзаменов для будущих чиновников? Кто установил этот порядок? Как долго он поддерживался?
- 9.6. В IX в. среди китайских ученых появился буддийский монах. Какой наукой он занимался и чего достиг в ней?
- 9.7. Какое открытие сделали китайские астрономы в 1054 г.? Какие следы этого явления заметны до сих пор?
- 9.8. Почему византийские астрономы не оставили записей о событии 1054 г., хотя наверняка наблюдали его?
- 9.9. Какие известные правители и ученые были современниками Джабира ибн Хайяна в начале IX в.?
- 9.10. Как и когда появилось слово «алхимия»? Что оно означало и из какого языка пришло?
- 9.11. Какие природные стихии Джабир считал основными? Какие стихии к ним вскоре добавили его коллеги?
- 9.12. Известно, что арабские алхимики умели получать спирт, но использовали его только для очистки ран и инструментов. Почему так?
- 9.13. Что означает слово «тангенс»? В каком языке оно родилось?
- 9.14. Слово «синус» в переводе с латыни означает «бухта». Какая связь между математическим и бытовым смыслом этого слова?

- 9.15. Кто был предшественником Хорезмий в алгебре и астрономии? Кто стал его преемником в этих науках?
- 9.16. За какие поступки богословы считали Маамуна еретиком? Почему его отца не обвиняли в этом за другие странные дела?
- 9.17. Известно, что в XII в. некоторые исламские ученые решали отдельные уравнения-многочлены степеней 3 и 4. Как они это делали, не зная общих формул?
- 9.18. «Из увлекшихся математикой лишь немногие не стали веротступниками и не сбросили с голов своих узду благочестия». В каком веке, в какой стране могли быть сказаны эти слова? Кто был их автор и каковы были последствия такого высказывания?
- 9.19. Известно, что ученый Альхазен много лет притворялся безумцем. По какой причине?
- 9.20. Кто из естествоиспытателей исламского мира был более известен как поэт? Какие его стихи вам известны? Знаете ли вы его полное имя?
- 9.21. Перечислите знаменитых современников Альхазена — ученых и правителей в разных странах мира в конце X в. Кого из них Альхазен знал по их достижениям?
- 9.22. Перечислите знаменитых современников Омара Хайяма в разных странах мира в конце XI в. С кем из них он был знаком лично или по переписке?
- 9.23. В каких областях науки прославился Авиценна?
- 9.24. Составьте диалог-спор между Авиценной и Хорезми о том, какая наука важнее всего для людей.
- 9.25. При дворах каких правителей работали Хорезми, Авиценна, Альхазен, Фирдоуси и Омар Хайям?
- 9.26. Перечислите самых известных географов исламского мира. Какими достижениями они прославились?
- 9.27. Какие эпохи персидской истории полнее всего описаны в книге «Шахнаме»? Почему эти события вызвали наибольший интерес Фирдоуси?
- 9.28. Перечислите нескольких героев книги «Шахнаме». Кому из них автор особенно симпатизирует?
- 9.29. Чем различались концепции исламских историков: Табари, Фирдоуси и ибн Хальдуна?

- 9.30. Составьте от лица Фирдоуси или ибн Хальдуна комментарий к книге Геродота. Как проявятся при этом различия в концепциях историков?
- 9.31. Перечислите знаменитых современников ибн Хальдуна в разных странах. С кем из них он встречался?
- 9.32. Какие достижения персидской культуры распространились в исламском мире в средние века?
- 9.33. Какие достижения греческой культуры распространились в исламском мире в средние века?
- 9.34. Какие достижения индийской культуры распространились в исламском мире в средние века?
- 9.35. Какие достижения китайской культуры распространились в исламском мире в средние века?
- 9.36. Какие народы исламского мира стали играть в нем ведущую роль после распада Халифата? Перечислите представителей этих народов: ученых, поэтов, политиков.
- 9.37. Где проходили границы исламской ойкумены в 900 г.? Как они изменились к 1400 г.? Почему так получилось?
- 9.38. Какой географический подвиг совершили китайцы в начале XV в.? Верно ли, что в этом заметную роль сыграли мусульмане?
- 9.39. Почему географические открытия китайцев в начале XV в. не привели к расширению китайской ойкумены до размеров исламского мира?
- 9.40. Какой памятник исторической мысли появился в Китае в конце XIV в.? Какие политические события способствовали этому? Кто был автор этой книги? С каким другим памятником античной или средневековой мысли ее можно сравнить?

10. Западная Европа в эпоху ученичества (от Герберта до Фибоначчи)

Как известно, Фалес жил примерно через шесть веков после первого выхода греков на мировую сцену (в ходе Троянской войны). Первый ученый-китаец Лао-цзы жил через шесть веков после того, как племя варваров чжоу захватило земли вдоль реки Хуанхэ, разгромив царство Инь. Будда жил через шесть веков после того, как варвары арии завоевали и заселили Северную Индию. Не удивительно, что первый заметный ученый католической Европы — Гер-

берт из Орильяка — жил во второй половине X в., через шесть столетий после образования первых варварских государств на развалинах Римской империи.

Конечно, попытки просвещения предпринимались в Европе и раньше. Так, в конце VI в. епископ Григорий Турский написал первую «Историю франков», отразив в ней становление державы Меровингов. Двести лет спустя при дворе Карла Великого возник кружок грамотеев во главе с Алкуином из Нортумбрии. Они читали и переводили уцелевшие латинские рукописи, обсуждали опыт римских императоров, сравнивая его со своими проблемами.

С распадом державы Каролингов эта деятельность оборвалась. Но в руках христиан осталась Барселона — город на северо-восточном побережье Испании, отвоеванный Карлом Великим у мусульман после почти вековой оккупации. За это время в Барселоне сложилась община просвещенных мусульман и евреев. У них христиане могли перенять многие достижения исламской и отчасти — греческой цивилизации.

Именно в Барселону прибыл в 960-е годы французский монах Герберт, жаждавший усвоить сохраненные арабами достижения античной науки. Ему пришлось выучить арабский язык и иврит. Вскоре Герберт понял, что Барселона — лишь окраина исламского мира, а главные сокровища учености хранятся в его центре. Герберт переехал в Кордову — столицу исламской Испании — и провел там 5 лет, изучая астрономию и математику, философию и музыку. В 970-е годы он вернулся во Францию и поселился в Реймсе. Из Кордовы ученый привез библиотеку латинских, греческих, арабских и еврейских рукописей и основал в Реймсе гуманитарное училище, первое в католической Европе.

В эти десятилетия религиозный раскол между Римом и Византией стал необратимым. Одновременно многие короли Европы пытались наладить управление по античному образцу, опираясь на грамотных чиновников и монахов. Реймское училище Герберта превратилось в «кузницу кадров» для новых католических монархий, некоторые короли направили туда учиться своих сыновей. В итоге Герберт стал учителем будущего короля Франции Роберта I (сына Гюго Капета) и Оттона III — будущего императора Священной Римской империи. Не удивительно, что один из учеников сделал своего учителя епископом в Реймсе, а другой назначил его Римским Папой. Так в 999 г. епископ Герберт стал папой Сильвестром II.

Герберт был разносторонне талантлив — как лингвист, математик, инженер, учитель и государственный деятель. Он первый познакомил западных европейцев с «арабской» десятичной системой счисления. Герберт сам строил астрономические приборы (астролябии) и музыкальные инструменты (органы), часто обменивал их на редкие книги. Вряд ли ученый монах сделал какие-то новые открытия в математике или астрономии; но известно, что он исследовал частоту выпадения разных сумм очков при игре в кости. В сотрудничестве с императором Оттоном III папа Сильвестр II пожаловал королевские короны первым крещеным правителям Норвегии и Венгрии. Он также поддержал Ключийскую реформу в церкви: создание новых монастырей со строгим уставом и хорошим обучением во многих странах Европы.

Все эти начинания оборвались или замедлились со смертью Оттона III и Сильвестра II. Но пример был подан и усвоен. Сто лет спустя, во время крестовых походов, многие католики устремились в загадочный исламский мир не только за богатствами, воинской славой или отпущением грехов, но и за новыми знаниями. Тем временем (на рубеже XI—XII вв.) в крупнейших городах Европы появились училища разного профиля, открытые для всех мирян. Это были зародыши первых католических университетов.

В Салерно дело началось с медицинской школы, в Болонье — с юридической школы, в Париже — с богословского училища, в Оксфорде — с грамматической школы. Чтобы обеспечить студентов учебниками, многие монахи продолжили дело Герберта и на долгие годы поселились в исламском мире, выполняя переводы античных и арабских классиков на латынь. В Испании эту работу вели англичанин Аделяр из Бата и итальянец Герардо из Кремоны. Они переводили труды Евклида и Аполлония, Аристотеля и Птолемея, Галена и Гиппократы, Хорезми и Авиценны. Конечно, первые переводы изобиловали ошибками, но в итоге просвещенные европейцы получили бесценный пример для подражания и самостоятельных раздумий.

На склоне лет (в 1140-е годы) Аделяр стал учителем принца Генриха Плантагенета — будущего короля Англии Генриха II, активного законодателя. В 1160 г. молодой император Фридрих I Барбаросса пожаловал Болонскому университету многие привилегии в награду за помощь в создании имперского законодательства («Кремонских статутов»).

Одновременно наметился раскол между ведущими церковниками клюнийской школы и новой волной молодых университетских преподавателей. Первые превращали католическую церковь в сплоченную политическую партию, способную навязать волю Рима всем монархам Европы и их подданным. Вторые ощущали себя независимыми лидерами любознательных студентов и не были склонны исполнять любое указание церковных властей. Это разномыслие проявилось в 1120-е годы в споре между знаменитым богословом — аббатом Берна́ром из Клервó и столь же славным гуманитарным лектором из Парижа — Пьером Абе́ляром. Не создав своей организации, Абе́ляр был побежден, и его заключили в монастырь. После этого все парижские училища были объединены в *университет*, управляемый духовником короля Франции. Эта традиция сохранилась на века. В 1260-е годы Парижский университет получил имя *Сорбонны* в честь своего ректора Робэ́ра Сорбо́на, создавшего общежитие для бедных студентов.

К концу XII в. превосходство университетского образования над монастырским проявилось даже в сфере богословия. В 1198 г. выпускник Парижского университета Лотáрио ди Кóнти ди Сэньи стал папой Иннокентием III, самым энергичным и удачливым руководителем римской церкви за всю ее историю. Вскоре Иннокентий III назначил главой английской церкви своего однокурсника Стéфана Лэ́нгтона.

Тот оказался не только мудрым политиком, но и горячим патриотом. В 1215 г. Ленгтон поддержал английских баронов, восставших против самовластного короля Джона Безземельного; он стал редактором Великой хартии вольностей — первой феодальной конституции, регулирующей права и обязанности монарха и его подданных. Позднее ученик Ленгтона — епископ Рóберт Грóсетест стал вдохновителем нового выступления англичан против неудачливого короля Генриха III. Это движение завершилось в 1265 г. образованием выборного парламента — органа народного контроля над королевскими министрами.

Иные последствия имела деятельность императора Фридриха II Шта́уфена — внука Барбароссы и воспитанника Иннокентия III. Фридрих стал самым просвещенным и властным монархом XIII в. После смерти Иннокентия III он вступил в спор с руководством римской церкви и в 1224 г. основал в Неаполе первый имперский университет, чтобы иметь поддержку ученых-юристов и богословов. Вско-

ре Фридрих самовольно совершил крестовый поход: он заключил мирный договор с султаном Египта и в 1229 г. сам короновал себя в Иерусалиме в качестве преемника Цезаря, Августа и Константина.

Конечно, римские церковники не могли стерпеть такой произвол просвещенного монарха. Одолеть Фридриха II при его жизни папам не удалось. Но после смерти императора у него (как и у Абельяра) не нашлось достойного преемника. Этот второй опыт внецерковного просвещения также завершился неудачей и остался лишь примером для грядущих веков.

Тем временем в торговых приморских городах Италии началось *самодейтельное* просвещение мирян, независимое от церкви и университетов. В 1202 г. пизанский купец Леонардо Фибоначчи опубликовал «Книгу абáка» с изложением арифметики на основе позиционной десятичной записи чисел. Эта книга стала первым учебником для практиков: купцов и банкиров, архитекторов и кораблестроителей. Фибоначчи свободно работал с отрицательными числами, умел извлекать даже кубические корни. Позднее он написал еще два учебника: «Практическую геометрию» и «Книгу квадратов».

Итак, к середине XIII в. лучшие из ученых-европейцев достигли научного уровня просвещенных мусульман, индийцев или китайцев своей эпохи. Эпоха ученичества продлилась в Европе почти 300 лет — гораздо дольше, чем в Элладе во времена Фалеса и Пифагора. Такая разница в темпах развития «монастырской» и «городской» науки.

Задачи. Серия 10

- 10.1. Откуда прибыл ко двору Карла Великого ученый Алкуин?
- 10.2. Какие народы Европы в эпоху Карла Великого были уже крещены? Что изменилось к концу X в.?
- 10.3. Какими науками увлекались придворные Карла Великого? Каковы были достижения самого Карла в этой области?
- 10.4. Сравните научно-просветительскую деятельность Карла Великого с делами болгарских царей и киевских князей в X в. Кто обладал большей ученостью и почему так получилось?
- 10.5. Почему «Каролингское Возрождение» оказалось столь недолговечным? Что изменилось полутора веками позже?
- 10.6. Какие народы возродили империю Карла Великого в X в.? Почему это новое государство оказалось прочнее, чем первая варварская империя?

- 10.7. Почему в X—XI вв. жаждущие просвещения западные европейцы отправлялись учиться в Испанию, а не в Италию или Византию?
- 10.8. Каковы были взаимоотношения папства и империи при Карле Великом? Что и почему изменилось в эпоху Оттона I?
- 10.9. Какие науки преподавались в училище Герберта в Реймсе? Какие профессии приобретали его ученики, закончив учебу?
- 10.10. Многие церковники X в. считали Герберта еретиком. Каковы были основания для такого мнения? Почему эти доводы не действовали на тогдашних королей Франции и Германии?
- 10.11. Что такое Ключинская реформа в католической церкви? Кто и когда ее начал, с какой целью? Было ли это связано с развитием науки?
- 10.12. По чьей инициативе были созданы первые европейские университеты в XI—XII вв.: монархов, епископов или горожан?
- 10.13. Какого вероисповедания были первые профессора университета в Салерно? Почему именно там (а не на севере Италии) возник первый медицинский университет?
- 10.14. В чем причина огромной популярности Абеляра среди парижских студентов? Почему умнейшие церковники (например, Бернар из Клерво) не сумели договориться с Абеляром? Кому это удалось?
- 10.15. Перечислите ученых — современников Герберта из Орильяка (в разных странах). Чьи труды он мог читать?
- 10.16. Перечислите правителей — современников Герберта в разных странах мира. Кто из них покровительствовал ученым?
- 10.17. Перечислите ученых — современников Абеляра. Где они жили, чем знамениты? С кем из них Абеляр охотно побеседовал бы?
- 10.18. Составьте сценарий диспута между Абеляром и Бернаром из Клерво либо между Абеляром и одним из исламских ученых той эпохи.
- 10.19. Перечислите правителей — современников Бернара из Клерво. Чем они прославились в делах веры или науки?
- 10.20. Чем отличались научные интересы Аделяра из Бата или Герардо из Кремоны от интересов Герберта из Орильяка? Почему так?

- 10.21. Когда и по каким причинам начался *массовый* переход европейцев к «арабской» системе записи чисел?
- 10.22. Какой след оставили арифметические увлечения Герберта в памяти его современников?
- 10.23. Известно, что в середине XII в. в Оксфорде был прочитан первый спецкурс по географии. Какова могла быть его тема, весьма актуальная для англичан той поры?
- 10.24. Кто из правителей Англии и Франции стал покровителем университетских преподавателей или организатором процесса университетского преподавания? Чем еще известны эти люди?
- 10.25. За какие заслуги преподавателей Фридрих I Барбаросса даровал хартию Болонскому университету? В чем состояли привилегии, полученные университетом? Были ли такие привилегии у российских университетов?
- 10.26. Чем различалось отношение двух императоров Фридрихов — деда и внука — к университетам?
- 10.27. Современники считали Фридриха II Штауфена чудом образованности. Где он набрался такой премудрости?
- 10.28. Говорят, что Фридрих II Штауфен свободно говорил на восьми языках. Какие это могли быть языки? На каких языках он читал книги?
- 10.29. Какие опыты над людьми ставил просвещенный император Фридрих II и с какой целью?
- 10.30. Известно, что король Пруссии Фридрих II Гогенцоллерн в XVIII в. старался превзойти своего тезку — императора XIII в. — в деле просвещения. Что из этого получилось?
- 10.31. Кто такой Робёр Сорбён? Почему он оказался ректором Парижского университета и что важное сделал в этой должности?
- 10.32. Какие учебные предметы входили в «тривиум» и «квадривиум» католических университетов? Как сложилось понятие «тривиальный»?
- 10.33. Папа Иннокентий III написал несколько книг. На какие темы? Чем они отличались от трудов блаженного Августина?
- 10.34. Какие научно-технические достижения ученых-мусульман попали в Европу в ходе крестовых походов?

- 10.35. Кто считался самым просвещенным правителем Востока в эпоху крестовых походов? Чем он прославился?
- 10.36. Каковы научные заслуги Стефана Ленгтона?
- 10.37. В каких городах Европы к 1250 г. возникли университеты? Много ли было столиц среди этих городов?
- 10.38. Каким образом Фибоначчи смог изучить математику, не кончая университет?
- 10.39. Какие математические открытия Фибоначчи вам известны? Кого из математиков прежних времен он напоминает?
- 10.40. Каков мог быть тираж книг Фибоначчи в XIII в.?

11. Расцвет средневековой науки (от Гроссетеста до Орэма)

В середине XIII в. средневековая цивилизация достигла высшей точки в своем развитии. Наступила эпоха энциклопедистов, сравнимых с Пифагором, Евклидом и Аристотелем. В Западной Европе сходную роль сыграли богослов Фома Аквинский и алхимик Рóджер Бэкон; в исламском мире — астроном Насирэддин Туси́ алхимик Джабир II (или псевдо-Гебер — это прозвище, подлинное имя неизвестно).

В 1250 г. в Европе действовало не менее 15 университетов. В них работали десятки профессоров и учились многие сотни студентов, которые регулярно переходили из одного города в другой, образуя единое ученое сообщество. Важнейшим занятием ученых людей считалось богословие — средневековый аналог греческой философии. Учение Платона об идеальных объектах, доступных человеческой мысли и управляющих движением природных тел, было давно воспринято теологами Европы. В XIII в. пришел черед освоить труды Аристотеля и Евклида: эту революцию начал Фома Аквинский в своей книге «Сумма Теологии» (1270 г.).

Фома исследовал общеполитические проблемы: например, существует ли Бог, управляющий внешним миром? Ответ был ясен богослову заранее, но доказывать его Фома предпочел в стиле Евклида — путем логического вывода из фактов повседневного опыта. Например, мы наблюдаем бесконечное движение природных тел, которое передается от одного тела к другому. Значит (заключает Фома), существует *перводвигатель*, который приводит в движение все при-

родные тела. Этот перводвигатель можно считать Богом или одной из граней неисчерпаемо сложного Бога.

Наблюдая в природе некий закономерный *порядок*, в той или иной мере присущий всем телам и системам, Фома считал, что существует единый и совершенный *источник* всех видов порядка; этим источником также может быть лишь Бог.

Наконец, природные тела возникают и исчезают, подчиняясь неким общим законам: при этом каждое новое тело возникает из небытия, порожденное каким-либо ранее существовавшим телом. Фома сделал вывод о существовании *первоисточника* всякого бытия: это Бог, наделяющий реальностью многие вещи, которые прежде существовали лишь как возможные схемы.

Человеку XX в., получившему физико-математическое образование, нетрудно заметить, что рассуждения Фомы Аквинского были мостом, переброшенным из классической философии эллинов в физику XVII в. и последующих веков.

Например, к рассуждению Фомы о перводвигателе Ньютон добавил лишь один физический постулат: движения тел могут вызываться не только другими движениями, но и *силами*, которые действуют между телами. Взаимосвязь движений и сил составляет предмет физической науки и описывается особым математическим аппаратом: *дифференциальными уравнениями*, решения которых суть числовые функции от числовых переменных.

Измерить с помощью чисел *порядок*, присущий произвольному физическому объекту, Ньютон не сумел. Только в начале XIX в. Лагранж, Коши и Галуа открыли необходимый для этого математический аппарат: *группы симметрии*. В конце XIX в. Софус Ли выделил те группы, которые описывают самые распространенные в природе симметрии, а в начале XX в. Эмми Нётер установила связь между математическими группами симметрии и любыми физическими законами сохранения.

Наконец, переход воображаемого природного объекта из небытия в бытие можно описать с помощью понятия *энергии*. Лейбниц впервые угадал природную роль энергии в конце XVII в., когда он открыл закон сохранения полной механической энергии в колебаниях маятника. В начале XIX в. физики Карно и Фарадей открыли закономерности перехода механической энергии в тепловую или электрическую. С этого времени слова «энергия правит миром через симметрию» стали расхожей истиной в ученом сообществе.

Так в средневековом католическом мире религиозная философия постепенно превращалась в основу будущей теоретической физики. Сходные процессы давно шли в Китае, где наследники мыслей Лао-цзы добавляли к основным универсалиям Дао и Дэ все новые понятия, отражающие природную реальность. Например, иероглиф Вэнь (в исходном значении «узор») ученые начали применять для описания природного разнообразия форм тел; иероглиф Ли (исходное значение «обряд») приобрел тот же смысл, что европейское слово «закон». Появились также термины, соответствующие понятию энергии: иероглиф Фэн (буквально «ветер») обозначал кинетическую энергию или импульс, а иероглиф Гу (буквально «остов») — постоянную сущность природных тел и систем, которая в физике XX в. выражается потенциальной энергией.

Главная беда китайских натурфилософов и европейских богословов была та же, что у мыслителей Эллады. Их замечательные *умозрительные* конструкции до поры до времени не удавалось перевести на язык *математики* и таким путем связать с *измеримыми* характеристиками наблюдений и экспериментов. Оттого изобретение *общих моделей* природы шло почти независимо от поиска конкретных *фактов*, относящихся к природным объектам и процессам.

Например, в 1270-е годы венецианский купец Марко Поло добрался по Шелковому пути от Крыма до Китая и много лет служил там монгольскому хану Хубилаю. Марко вернулся в Европу вдоль южного Пути пряностей (вокруг Индии) и написал книгу о своих странствиях. Но никому из современников Марко не пришло в голову сравнить пройденный им путь с рассчитанной длиной окружности Земли, сделав вывод: материк Евразия занимает половину земного шара! От такого вывода недалеко до мечты о кругосветном путешествии, но этот проект оформился в умах европейцев лишь в конце XV в.

Другой пример: в конце XIII в. европейские алхимики научились изготавливать *порох* из серы, угля и селитры. Монах Бонавентура нечаянно получил «царскую водку»: смесь соляной и азотной кислот, способную растворять золото. В это же время исламский алхимик Джабир II впервые получил серную кислоту из оксидов серы. Эти открытия привели к распространению пушек в конце XIV века. Алхимией увлеклись многие просвещенные европейцы.

Но *связать* между собой два удивительных явления: взрыв пороха и медленное «сгорание» разных веществ в сильных кислотах — не осмелился ни один средневековый мыслитель христианского или

исламского мира. Гипотеза о существовании в природе универсальной *окисляющей стихии* оставалась невысказанной вплоть до XVII в. Оттого ни один алхимик не замечал кислород или водород, когда эти газы неожиданно выделялись в химических опытах.

Более целенаправленно шли искания европейских математиков. В середине XIII в. английский богослов Роберт Гроссетест впервые начал сравнивать разные *последовательности* чисел, стремящиеся к *бесконечности*. Ясно, что последовательность кубов натуральных чисел растёт быстрее, чем последовательность их квадратов, и т. д. Но существует ли последовательность, которая растёт быстрее, чем последовательность *любых* степеней натуральных чисел? Обладает ли этим свойством геометрическая прогрессия? Можно ли придумать последовательность, растущую быстрее, чем любая геометрическая прогрессия?

Такие вопросы, видимо, не приходили на ум античным математикам, даже Архимеду. Любовь к бесконечности проникла в умы европейцев через богословские размышления. Соединившись с привычной арифметикой, она послужила первым опорным камнем для будущего математического анализа. Первый оригинальный результат в этой области получил в середине XIV в. профессор Сорбонны Никола́ Орэм.

Развивая идеи Гроссетеста, Орэм начал сравнивать между собой бесконечно *убывающие* последовательности чисел. Обнаружив, что убывающая геометрическая прогрессия имеет конечную сумму (этот факт был известен Архимеду), Орэм задал сходный вопрос о сумме чисел, *обратных* к натуральным или обратных к их квадратам. Оказалось, что сумма гармонического ряда бесконечна! Напротив, ряд обратных квадратов сходится — хотя непонятно, чему равна его сумма.

Эти первые строго доказанные факты из новой математики наверняка изумили бы Евклида или Архимеда. Наконец-то наследники греческих геометров и вычислителей вырвались за пределы наследия своих учителей!

Другой прорыв того же рода совершил в начале XIV в. еще один профессор Сорбонны: каталонец Раймонд Луллий. Он в равной мере увлекался математикой, богословием и алхимией. Перечитывая трактат Аристотеля «Органон», Луллий заметил, что логические операции над осмысленными утверждениями, которые описал Аристотель, можно формализовать с такой же легкостью, как арифме-

тические операции над числами! И возник замысел: *механизировать* все эти процедуры, научить им специальную машину — вроде абака, но посложнее.

Так родился проект первого «компьютера», описанный Луллием в книге «Великое искусство». Для чего он может пригодиться? Только что завершились неудачей крестовые походы в Палестине. Если мусульман не удалось одолеть мечом, то надо воевать умом, усилив свой разум механической мощью машины! Увы, мечты об искусственном интеллекте пришлось отложить до XX в. Даже первый арифмометр был построен только в XVII в., когда искусство европейских механиков поднялось до необходимой высоты.

Третий прославленный профессор и ректор Сорбонны — Жан Буридан — сочетал любовь к логическим рассуждениям со здравым смыслом натурфилософа. Он усомнился в одной из аксиом механики Аристотеля, утверждающей, что движение тел в пространстве самопроизвольно *затухает* и для поддержания вечного движения нужен *вечный двигатель*. Не проще ли предположить, что движение природных тел *само по себе* происходит вечно и неизменно? В таком случае придется искать причины *торможения* тех или иных тел, а их найти гораздо легче (например, трение). Так сочетание богословской и натурфилософской культуры привело к открытию *принципа инерции*, который позднее был назван первым законом Ньютона. Буридан не сумел угадать лишь одну деталь: незатухающее движение природных тел по *прямым* и по *окружностям* придется объяснять разными законами природы!

Другим открытием Буридана (или его учеников) стал логический парадокс о «Буридановом осле», который не умеет выбрать одну из двух одинаковых кормушек. Действительно, как человек выбирает *один* предмет из *совокупности* многих *одинаковых* предметов?

Например, в геометрическом построении встретились слова: «возьмем точку на окружности». Какую точку? Как ее выбрать? Здесь кроется новая *аксиома выбора*, которую не заметили Аристотель и Евклид. Важность этой аксиомы математики поняли только в XIX в. при создании общей теории множеств. В XX в. эта аксиома обнаружилась и в основах физики при изучении фазовых переходов, которые изменяют симметрию физической системы (как, например, таяние льда).

Так в XIV в. католические, исламские и китайские ученые достигли высочайших вершин своей науки — будь то алгебра или богосло-

вие, география или алхимия. Что наступит дальше: прогресс или застой? Античный мир в схожей ситуации перешел к застою в рамках Римской империи и державы Хань. То же самое повторилось в средневековом Китае (империя Мин) и в исламском мире (державы Тимура и его наследников). Но в Западной Европе мощь Священной Римской империи оказалась невелика. Германские императоры не сумели объединить многоэтническую Европу, не смогли подчинить новорожденные города-коммуны Северной Италии и Нидерландов. В этих мелких республиках в XV в. началась *техническая революция*. Поэтому развитие европейской науки не замедлилось (как в Китае или в исламском мире), а напротив, ускорилось. Этот феномен проявился в XV в. и продолжается до наших дней.

Задачи. Серия 11

- 11.1. Какое образование получил Фома Аквинский: монастырское или университетское?
- 11.2. Кого из богословов Фома мог назвать своим предшественником? В чем выразилась преемственность их идей?
- 11.3. Почему Фома считал Аристотеля более выдающимся мыслителем, чем Платона? Кого еще из ученых эллинов он мог бы назвать своим учителем?
- 11.4. Как отнеслось к учению Фомы тогдашнее руководство католической церкви? Почему его не объявили еретиком, как Пьера Абеляра?
- 11.5. Каких иных научных мыслителей (кроме Фомы Аквинского) вырастила в XIII в. католическая церковь? Чем отличались их модели мира и цели познания от системы Фомы?
- 11.6. Какие математические ошибки можно обнаружить в пяти доказательствах бытия Бога по Фоме Аквинскому?
- 11.7. Какие физические ошибки заметны в рассуждениях Фомы Аквинского о бытии Бога?
- 11.8. Почему математические ошибки в рассуждениях Фомы не были замечены его современниками? Кто и когда смог их заметить?
- 11.9. Кто и когда смог заметить ошибки в физических рассуждениях Фомы Аквинского? Какие новые физические понятия для этого понадобились?

- 11.10. Можно ли считать Жана Буридана продолжателем учения Фомы Аквинского в физике? В чем заметна преемственность идей? Что нового добавил Буридан в описание физической модели мира?
- 11.11. Чем отличались физические воззрения Роберта Гросетеста от воззрений Фомы Аквинского? Кто из них был ближе к мировоззрению ученых XX в.?
- 11.12. Каков был вклад Гросетеста в работу университетов Оксфорда и Кембриджа? Какие события мировой политики способствовали этому?
- 11.13. Сравните политическую деятельность Ленгтона и Гросетеста. Каковы результаты их деятельности?
- 11.14. Перечислите известных вам учеников Гросетеста. В каких сферах деятельности они прославились и чем?
- 11.15. Через какие страны лежал путь Марко Поло из Венеции в Пекин? Какие правители властвовали на этом пути?
- 11.16. Как обычный купец из Венеции — Марко Поло стал в Китае министром? Какими делами он ведал, в каких событиях участвовал?
- 11.17. Почему процветающий министр Марко Поло решил покинуть Китай и вернуться на родину? Почему он возвращался иным путем, чем прибыл в Китай?
- 11.18. Какое значение для химии имело открытие царской водки и серной кислоты? Почему эти события не вызвали в XIV в. промышленной революции?
- 11.19. Какие научные открытия сделал Роджер Бэкон? В чем он превзошел Альберта Великого, Фому Аквинского и Роберта Гросетеста?
- 11.20. В каком смысле Роджера Бэкона можно считать предшественником Парацельса, Галилея и Кеплера?
- 11.21. Верно ли, что в XIII в. уже существовали телескопы? Если да, то почему они были забыты к XVI в.?
- 11.22. Какими изобретениями прославился Раймонд Луллий? Какие из них были воплощены при его жизни, а какие остались в проектах и почему?

- 11.23. Какие способы получения спирта из вина были известны в средневековье? Почему в разных странах использовались разные способы?
- 11.24. В чем состоит «проблема Бурдана осли»? Какова ее математическая суть? Как ее решают современные математики?
- 11.25. Чем отличался «компьютер», спроектированный Луллием, от первых арифмометров XVII в.?
- 11.26. Как Никола Орэм доказал расходимость гармонического ряда? Как была доказана сходимости ряда обратных квадратов?
- 11.27. Мог ли Орэм доказать, что геометрическая прогрессия сходится *быстрее*, чем ряд обратных квадратов? Если нет, то кто и когда смог это сделать?
- 11.28. Когда в Германии появились первые университеты? Где и кто их основал?
- 11.29. Какую роль играли европейские университеты в политических событиях XII—XV вв.? Менялась ли эта роль со временем?
- 11.30. Когда и где появилась песня «Gaudeamus Igitur»? Какую жизненную философию она выражает: средневековую или возрожденческую?
- 11.31. Какой стимул побудил португальского принца Энрике Мореплавателя начать океанские плавания? Случайно ли это произошло в Португалии в начале XV в., а не раньше?
- 11.32. Какие мотивы побудили китайского правителя Чжу-ди начать океанские плавания? Чем отличались его цели от целей португальского принца Энрике?
- 11.33. Почему в Китае океанские плавания сначала развивались быстрее, чем в Португалии, — но потом в Китае начался застой, а португальцы активно занялись снаряжением океанских экспедиций?
- 11.34. Сравните сроки, которые понадобились португальцам для достижения Зеленого Мыса, устья Конго, мыса Доброй Надежды, Индии и Китая. О чем свидетельствуют эти цифры?
- 11.35. Почему португальцы в XV в. не пытались превратить все побережье Африки в свою колонию? Что изменилось в последующие века?
- 11.36. Какова была суть разногласий между средневековыми реалистами и номиналистами? Назовите лидеров этих научных

- школ. Кого из античных мыслителей можно считать представителем той или иной линии?
- 11.37.** Когда и где в Европе впервые появились механические часы? Когда они приобрели «карманный» размер? Какова была их точность?
- 11.38.** Каковы научные заслуги Насирэддина Туси? Где и при каких правителях он работал?
- 11.39.** Постройте цепочку из общих знакомых между Насирэдином Туси и Марко Поло.
- 11.40.** Постройте цепочку из общих знакомых между португальским принцем Энрике Мореплавателем и китайским правителем Чжу-ди.

Роджер Бэкон

Текст с ошибками

Весь юбилейный 1300 г. Роджеру Бэкону пришлось провести в Риме¹. Ничего не поделаешь: в марте конклав избрал папой Климентом V² его бывшего начальника — Бенедетто Гаэтани, генерала ордена иезуитов³. Новый папа пожелал, чтобы его юбилейный год затмил блеском славы⁴ и учености все предыдущие годы. Но военных успехов не предвиделось: тамплиеры только что оставили Иерусалим под натиском Османов⁵, и те явно мечтают о захвате Константинополя⁶! Денег на новый крестовый поход не было, и Климент решил пополнить римскую казну приношениями паломников, а для их привлечения устроить в Риме карнавал⁷ богословов и натурфилософов, под стать древним Олимпийским играм. Удалась же такая затея блаженному Августину и императору Феodosию⁸ девять веков назад! И вот папа Климент поручил брату Бэкону организовать ученый диспут⁹ с благочестивым девизом: «Наука — к вящей славе Божией».

Какие открытия и изобретения последних лет могут принести наибольшую пользу в борьбе христиан с неверующими? Что нужно открыть либо изобрести для новых побед креста над полумесяцем? Бэкону пришлось использовать старые связи с Сорбонной и Оксфордом, Болоньей и Сарагосой. Каких новых успехов добился в давней работе над волшебным компьютером его старый друг — Раймонд Луллий¹⁰ из Парижа? Удалось ли Вильяму Оккаму в Оксфорде¹¹ сделать полет пороховых ракет¹² управляемым? Если нет, то вся

надежда на брата Бертольда Шварца из Гёттингена¹³. Он давно пытается изготовить пушки вроде китайских¹⁴, но пока без успеха. Пожалуй, не будет у европейцев ярких научных успехов, пока они варятся в своем соку, без контакта с передовой наукой¹⁵ Багдадского Халифата¹⁶...

Да, там преобладают персы-маздакиты¹⁷, ну и что? Турок они тоже не любят, особенно с тех пор, как в бою с ними пали халиф Гарун ар-Рашид¹⁸ и его визирь Саладин¹⁹. А успехи багдадских физиков и химиков огромны! Говорят, что славный Авиценна усовершенствовал «греческий огонь»: теперь его можно разливать в бочки, не боясь взрыва²⁰. А таинственный Джабир из Нишапура изготовил какую-то новую кислоту, которая растворяет даже золото²¹! Интересно, в чем он хранит эту страшную жидкость? Но кажется, что получить золото из меди не удалось ни одному из хитроумных мусульман!

Пора, давно пора пригласить этих мудрецов в Рим на Рождество Христово²². Ведь мусульмане тоже чтут Христа как пророка и читают арабский перевод Евангелия — Инджиль. Труды Архимеда они тоже читают, — даже те, которые не сохранились в Европе. А ведь славный сицилиец описал множество военных машин, которые с тех пор в Европе разучились строить! Надо, очень надо завзвать в Рим ученых персов и египтян... Они, пожалуй, примут приглашение, хотя бы из любопытства и вечной тяги к общению с коллегами. Но как убедить простодушных католиков Италии в том, что присутствие мусульман не осквернит святое Рождество?

Ах, как жаль, что нет уже Фомы Аквинского²³! «Универсальный доктор» умел убедить кого угодно в чем угодно, если речь шла о торжестве истинной веры. Увы, чума унесла святого Фому в лучший мир всего пять лет назад! Кто сможет его заменить?

Выходом из этого затруднения стало неожиданное письмо из университета Флоренции²⁴. Тамошний кружок философов-номиналистов сохранил прочные связи с мусульманами, обосновавшимися на Мальте. В долгих дискуссиях они выработали устав ученого содружества, включающего католиков и православных, мусульман и иудеев. Не тратя силы в спорах о вере, это содружество печатает одну книгу за другой²⁵, поочередно посвящая их достижениям того или иного университета. Кордова и Саламанка, Каир и Палэрмо, Падуя и Дамаск — все они уже заявили о своих успехах. Пора подать голос северным братьям по мысли. Пусть это дело начнет Рим,

а за ним — Париж и Кембридж! Флорентийские дипломаты войдут в состав большинства делегаций на юбилейных торжествах в Риме. Пусть они помогут убедить жителей «вечного города» в необходимости научного общения с прогрессивными мусульманами!

Как ни странно, этот план удался. С помощью мальтийских и сицилийских единомышленников Данте и прочие флорентийцы нашли общий язык с мудрецами из Дамаска и Багдада: Джалаляддин Руми²⁶ и Абдурахманом ибн Хальдуном²⁷. Те, прибыв в Рим на юбилей, помогли папе Клименту наладить военный союз с султаном Тимуром из Бухары²⁸ — давним врагом турок. Разгромив их сперва на Тереке²⁹, а потом при Лепанто³⁰, Тимур сорвал турецкую осаду Константинополя³¹. Немалую роль в этих победах сыграли новые пушки, отлитые для Тимура инженерами из Аугсбурга и Будапешта³². В благодарность за помощь Тимур прислал в Рим мастеров³³ по производству бумаги и фарфора³⁴, изучивших это дело в подвластном султану²⁸ Китае³⁵. Так просвещенные мусульмане и христиане с успехом возобновили непрочный, но полезный обеим сторонам союз, впервые заключенный между императором Барбароссой и султаном Египта Кемалем³⁶ по инициативе папы Иннокентия III³⁷ сто лет тому назад.

12. На пороге Нового времени (XVI в.: от Магеллана до Тихо Браге)

Новое время в Европе началось с военно-технической революции, которая быстро охватила большие массы горожан.

В 1420-е годы чешские протестанты (гуситы) создали легкую полевую артиллерию: в результате их небольшие войска побеждали рыцарей даже при пятикратном численном превосходстве врага. Через 30 лет (1453 г.) тяжелая артиллерия султана Мехмеда II, отлитая европейскими оружейниками, пробила стены Константинополя. Стало ясно, что неприступных крепостей больше нет.

Одновременно европейцы поняли, что океан можно пересечь на кораблях так же, как верблюжий караван пересекает степь. Использование косых парусов, руля и магнитного компаса позволяло вести каравеллу вдоль берега или в открытом море, при слабом или сильном ветре любого направления. Попытки португальцев достичь Индии, обогнув Африку, начались еще в 1415 г. В это время малайские, китайские и арабские корабли свободно плавали от Японии до Пер-

сидского залива, нередко посещая Мадагаскар и Новую Гвинею. Но в последующие сто лет мореплаватели Востока не добились новых успехов, тогда как их западные коллеги достигли Индии (1498 г.) и Китая (1518 г.), пересекли Атлантику (1492 г.), вышли к Тихому океану через Америку (1512 г.) и пересекли его, совершив кругосветное путешествие (1521 г.).

Такие подвиги сравнимы с достижениями античных финикийцев и эллинов. Это не удивительно: новые европейские мореходы тоже были гражданами полисов (коммун), которые в XIII—XIV вв. во множестве появились в Северной Италии и Нидерландах, а позднее распространились по всему побережью Европы. География вновь стала экспериментальной наукой, доступной всякому предпринимателю и способной приносить большую прибыль. Появление в конце XV в. ручного огнестрельного оружия (сперва фитильных аркебуз, позднее кремневых мушкетов) уравнило боевую мощь горожан и королевских войск.

Еще раньше частные банкиры Западной Европы сравнивались в богатстве с королевскими министрами. Годовой бюджет Венеции значительно превосходил бюджет Франции или Англии. Последним шагом в демократизации европейской культуры стало распространение *книгопечатания* с помощью подвижного металлического шрифта. В 1454 г. Иоганн Гутенберг напечатал в Майнце Библию (на латыни) тиражом в 400 экземпляров. Полвека спустя общий тираж печатных книг исчислялся десятками тысяч; появились первые *листовки* — прообраз газет. Сначала они сообщали любознательным европейцам о чудесах новооткрытой Америки и Индии. Но в 1520-е годы в ходе общеевропейской Реформации (начатой Лютером в 1517 г.) пресса стала эффективным оружием идейной и политической борьбы.

На фоне столь бурного развития экономики, техники и политики успехи чистой науки в XV в. были почти незаметны. Для составления новых карт хватало геометрии Евклида, для банковских и инженерных расчетов — привычной десятичной арифметики, а для изготовления пороха, красок и лекарств — давно знакомой алхимии. Только в начале XVI в. в городах Северной Италии возродились фундаментальные науки. Первой в их ряду оказалась история.

Двухвековая эволюция коммун и монархий Италии побуждала местных историков сравнивать дела своих прадедов или современников с подвигами эллинов и римлян, отраженными в сохранившихся трудах Плутарха и Геродота, Тита Ливия и Ксенофонта. Жив-

ший в пору расцвета Римской империи Плутарх мог сопоставить прославленных римлян только со знаменитыми эллинами, которые жили на три-пять веков раньше. Спустя четырнадцать веков флорентийский дипломат Никколó Макиавелли смело сопоставлял поступки знаменитых флорентийцев, генуэзцев или миланцев с похожими на них делами эллинов или римлян, пытаясь выяснить вечный вопрос о роли личности в развитии государства.

Так появились три научных труда: «Государь» (общая теория монархий), «Рассуждения на книги Тита Ливия» (общая теория республик) и обзорная «История Флоренции», в которой подробно описаны усобицы XIII—XV вв. Макиавелли жил в революционную эпоху, поэтому исторический процесс казался ему не плавным течением могучей реки (как думал Аристотель), но горным потоком, уцелеть в котором может лишь тот, кто смело и упорно пытается управлять стихией, подчиняясь ей. В итоге возник учебник *экспериментальной* истории, адресованный военачальникам и министрам, князьям, дипломатам и народным трибунам.

По мнению Макиавелли, главная задача историка — решать политические проблемы своего времени, сравнивая их с опытом прошедших веков, подражая удачным решениям бывших деятелей и избегая повторения их ошибок. Человеческая природа не меняется: отдельные личности или коллективы совершают поступки, повинуюсь одним и тем же страстям, обычно самым примитивным. Эгоизм и алчность, самомнение или месть за обиду, нерасчетливость или трусость, зачастую — глупость или безумие... Таковы мотивы действий тиранов и аристократов, но единый народ в условиях демократии движим теми же чувствами и столь же далек от нравственных поступков в политике.

Вывод Макиавелли довольно мрачен: политика есть война всех против всех. К ней бесполезно подходить с моральными нормами человеческого общежития, и не стоит ожидать, что политический процесс приведет кого-либо к длительному счастью. Понятно, что научно-исследовательские книги Макиавелли казались правителям его эпохи такой же подрывной литературой, как богословские труды Лютера. В 1559 г. католическая церковь включила оба учебника Макиавелли в перечень запрещенных книг, что, конечно, не помешало их подпольному распространению во всей Европе. Но открытое обсуждение научных гипотез Макиавелли было исключено. Оттого следующий исторический труд Томаса Гоббса, моделирующий стихийное развитие общества и его быструю перестройку полити-

ческими партиями, появился в Европе лишь после 1650 г. — на основе опыта Английской революции.

Медицина развивалась в XVI в. почти столь же драматично. В 1527 г. талантливый алхимик и врач Теофраст Парацельс начал свою деятельность в Базеле с того, что публично сжег труды Галена и Авиценны как безнадежно устаревшие. Парацельс объявил единственным источником знаний врача *опыт* наблюдений над больными и здоровыми людьми. Алхимикам же пора бросить безнадежные поиски способов получения золота. Гораздо полезнее выделять новые химические вещества и искать среди них лекарства от разных болезней!

Парацельсу не хватило времени и терпения, чтобы написать новый учебник медицины. Но в год его смерти (1541 г.) фламандский врач Андреа Везалий, получивший образование в Италии и служивший при дворе императора Карла V, издал *атлас анатомии* чело­века — ценнейшее пособие для многих поколений европейских врачей. В составлении иллюстраций атласа Везалия участвовал великий художник Тициан.

Одним из лучших врачей-практиков этой эпохи был Амбруаз Паре — придворный хирург нескольких королей Франции. Он совершил переворот в лечении ран, применив марлевые и масляные повязки вместо обычного в ту пору прижигания раны каленым железом или кипящим маслом. Так Паре начал успешную борьбу с двумя простыми, но грозными врагами: болевым шоком и инфекцией. В сочетании с уже знакомыми наркотиками (гашиш, опий) методы Паре творили чудеса.

Достойным продолжателем дел Везалия стал испанец Мигель Сервет. Наблюдая движение крови в сосудах живой собаки, он обнаружил *малый круг* кровообращения через легкие, где темная венозная кровь превращается в светлую артериальную. Понять химическую суть этого превращения Сервет не мог. Но он установил в важном частном случае факт *сохранения* крови в организме. Это опровергало утверждение Галена, будто кровь непрерывно исчезает и вновь рождается в сердце.

Аналогично Везалий отверг гипотезу Аристотеля о том, что сердце является органом *мышления* человека. Везалий впервые предположил, что головной мозг и нервы составляют *управляющую систему* в теле человека или животного. Но проверить эту догадку на опыте ученым удалось только в XIX в.

Возрождение *математики* в XVI в. началось в Италии в форме публичных диспутов между профессорами разных университетов. Перед диспутом каждый ученый предлагал своему коллеге ряд трудных задач, которые он сам умел решать. Кто успешнее справится с задачами соперника и более убедительно объяснит просвещенной публике свои решения, тот станет популярен среди студентов и получит более высокую зарплату от городских властей.

В такой соревновательной обстановке выросла группа мастеров-соперников: Никколó Тарталья из Брешии, Джиролáмо Кардано из Павии и ученик Кардано — Лодовíко Феррáри. Все они оказались наследниками профессора Скипио дель Фёрро из Болоньи, который в конце жизни (около 1525 г.) научился решать кубическое уравнение $x^3 + ax + b = 0$.

Ферро не успел или не захотел оповестить мир о своей находке. Но узнавший об этом Тарталья получил доступ к рукописям покойного профессора и сумел восстановить по ним полное решение кубического уравнения. В 1535 г. Тарталья превзошел Кардано на очередном диспуте. Тот понял из речи соперника схему решения кубического уравнения и сумел сам восстановить все необходимые детали, после чего объяснил их своему ученику Феррари. Молодой математик увлекся открытием учителя и вскоре сам научился решать сходным путем уравнение-многочлен степени 4. Кардано пришел в восторг от этого успеха и в 1545 г. опубликовал общие достижения — свои и Феррари — в книге «О правилах алгебры», не упомянув о заслугах Ферро или Тарталья.

Тарталья пришел в ярость: как смеет его соперник выбалтывать всему свету их общий профессиональный секрет? Но это возмущение не подействовало на ученую общественность Италии. С тех пор в науке закрепился принцип: автором открытия считается тот, кто первый подробно сообщит о нем широкой публике. Соавтором открытия считается тот, кто, обнаружив в изложении первооткрывателя серьезные ошибки, исправит их.

Интересно, что в формулах, изобретенных Ферро, Кардано и Феррари для выражения корней многочлена через его коэффициенты, по ходу расчетов появлялись квадратные и кубические корни из *отрицательных* чисел. Каков их смысл? Этот вопрос не беспокоил первопроходцев. Им важен был конечный результат расчетов, а не те сомнительные мостики, которые пришлось перебросить через пропасть на пути к победе. Так, открытие мнимых чисел состоялось

в XVI в., но их серьезное изучение началось лишь в XVIII в. в рамках математического анализа тригонометрических функций.

Новый этап в построении алгебры завершил французский юрист и математик Франсуа Виет (1540—1603). Он не сумел найти общую формулу корней уравнения степени $n > 4$: позже выяснилось, что такой формулы нет. Но Виет написал систему равенств, выражающих коэффициенты уравнения через его корни.

Во многих случаях формулы Виета позволяют угадывать целые или рациональные корни уравнения-многочлена.

В тригонометрии Виет выразил функции $\cos Nx$ и $\sin Nx$ как многочлены от функций $\cos x$ и $\sin x$. Это позволило Виету составить подробные таблицы значений синуса и косинуса от разных углов, используя десятичные дроби.

Будучи придворным математиком короля Генриха Наваррского, Виет применял математическую науку в военном деле. Он сумел разгадать систему шифров, используемых испанскими дипломатами, поэтому военные тайны Испании быстро становились известны французским протестантам. Тогда король Испании Филипп II обратился к Папе Римскому, требуя церковного осуждения «французских колдунов, использующих помощь дьявола». Но эта попытка остановить прогресс науки религиозными заклинаниями окончилась неудачей.

Астрономы XVI в. не имели ни новых физических приборов, ни новых средств математических расчетов по сравнению со своими коллегами из античности или средневековья. Поэтому прогресс в астрономии до начала XVII в. (когда на сцену вышли Кеплер и Галилей) был невелик. Возрожденная Коперником в 1543 г. гелиоцентрическая модель Солнечной системы поразила умы европейцев лишь потому, что давнее учение Аристарха в этой области было забыто. Сравнивая теорию Коперника с классическим учением Птолемея, вдумчивый читатель видел лишь одно различие — в странной новой гипотезе о положении Солнца. Наблюдения и расчеты Коперника показали, что многие планеты не могут двигаться вокруг Солнца *равномерно* по окружностям. Поэтому Коперник был вынужден сохранить предложенную еще Евдоксом систему эпициклов. В изложении Коперника гелиоцентрическая модель выглядела немногим проще привычной системы Птолемея. Многие астрономы XVI в. не признали систему Коперника: среди таких консерваторов оказался величайший наблюдатель той эпохи — датчанин Тихо Браге (1546—1601).

В конце 1572 г. европейцы наблюдали редкое и поразительное зрелище: *сверхновую* звезду, которая была видна даже днем. Молодой Браге был потрясен этим явлением: он следил за изменением блеска звезды, пытался измерить расстояние до нее по способу Гиппарха (через суточный *параллакс* звезды), но безуспешно. Описав свои наблюдения в небольшой книге, Браге решил построить обсерваторию на уединенном острове и непрерывно следить за различными небесными явлениями.

Пять лет спустя обсерватория Ураниборг была готова, и Браге смог наблюдать во всех подробностях комету 1577 г. Ему удалось измерять ее сдвиг среди звезд в течение многих ночей подряд; таким путем он сумел измерить *меняющееся* расстояние между Землей и кометой. Стало ясно, что комета пролетает дальше от Земли, чем Луна, но гораздо ближе, чем Солнце. Установить форму траектории кометы по немногим наблюдениям Браге не смог. Но после этого он решил выяснить форму тех траекторий, по которым движутся планеты, даже если для этого потребуются многие годы наблюдений.

Так и вышло: к 1600 г. в руках Браге оказался огромный свод точных измеренных положений всех планет среди звезд на небе за срок более 20 лет. Но выполнить математическую обработку этих данных Браге был не в силах: требовались новые методы быстрых и точных расчетов с многозначными числами. Эту проблему Браге поставил перед своим молодым сотрудником — Иоганном Кéплером, и тот блестяще с ней справился.

Когда люди обогнули землю (год 1522)

30 лет назад Колумб плыл на запад — в Китай, но нечаянно приплыл в Америку. Шестью годами позже Васко да Гама не промахнулся: он доплыл до Индии с помощью местных ветров — муссонов, при участии лоцмана — араба. Еще через 20 лет моряки португальцы достигли южных гаваней Китая. Тех, откуда двумя веками ранее мощный китайский флот доставил удалого венецианца Марко Поло в Иран — вокруг всей Южной Азии. Но великие океанские плавания китайцев оказались *не* рентабельны — как в век хана Хубилая, так и в эпоху эмира Тимура и царя Чжу-ди. Оттого ни китайцы, ни малайцы и индийцы не доплыли до Западной Европы: зачем им такое захолустье? Напротив — европейцы приплыли в Индию и Китай на своих маленьких судах.

И вот теперь один такой кораблик с тремя десятками разноплеменных моряков завершил фантастическое плавание от Индонезии до Испании. Достойные ученики Магеллана — капитан Себастьян Эль Кано (баск) и журналист Антонио Пигафетта — сообщили всему христианскому миру: мы обогнули по морям Земной шар, плывя вдогонку Солнцу! Как отозвался на эту весть просвещенный мир европейцев, не так давно сплоченный книгопечатанием?

Больше всех взбудоражены картографы. Ведь путевые журналы Магеллана и Кано позволяют проверить ожидаемый размер Земли, давно исчисленный Клавдием Птолемеем! Теперь всем видно: не ошибся мудрый грек — подданный императора Марка Аврелия! Зато ошиблись поздние картографы, исчислявшие путь Марко Поло по небрежным запискам лобознательного купца. Ведь Поло не вез с собою даже компас на пути от Венеции до Пекина! И в Пекине он, видимо, не общался с придворными астрономами. Или общался — но хранил как коммерческую тайну все числовые данные о путях в Китай.

Теперь можно и нужно раскрыть эти тайны прямым наблюдением опытных мореходов — как завещал сто лет назад принц Энрике Навигатор. Вслед за мореходами-купцами должны плыть вокруг Земли ученые-мореходы! Пусть они разрешат и другую загадку: есть ли на Земле иные материка — к югу от той огромной петли, по которой плыли Магеллан и Кано? Если есть такие земли, то далеко ли от них до южных оконечностей Индии — или Африки, или Америки?

Кстати: как выглядит южный край Америки? Ведь Магеллан *не* доплыл туда, найдя желанный пролив поперек Нового Света — из Атлантики в Пасифику. Быть может, эти ворота — единственные в Новом Свете? А сам материк тянется, как стена, от Северного полюса Земли до Южного? Птолемей об этом ничего не знал; пусть узнают нынешние мореходы!

Столь же заинтригованы записями Магеллана и Пигафетты европейские астрономы. Опытные моряки — баски, кастильцы и португальцы — не могли пропустить в судовом журнале ни один день плавания. Однако они сбились со счета! Вернувшись к родному берегу в свой судовой четверг, они узнали, что дома уже пятница. Как это может быть? Неужели мореходы-кругосветники праздновали Рождество и Пасху в неподходящие дни?

Так и решили испанские священники; морякам пришлось каяться в невольном грехе. Но многие астрономы говорят, что греха тут не было: просто Земной шар вращается вокруг своей оси с запа-

да на восток. И если моряк поплывет вокруг света на восток — то, вернувшись домой, он узнает, что *приобрел*, а не потерял один день в календаре. С кем и когда приключится такая история?

Этого никто не знает. Зато многие астрономы Европы обрели уверенность, что они живут на очень большом шаре, вращающемся вокруг своей оси. Оттого нам — землянам кажется, что вокруг нас равномерно обращается звездное Небо: так уверял в древности Пифагор. Но если обращение Небес вокруг Земли — иллюзия, то так может оказаться и с планетами, и с самим Солнцем!

Нечто подобное утверждал Аристарх — современник Евклида. Он как-то сравнил размеры Солнца и Луны с размером Земли — и рассчитал, что Солнце гораздо больше Земли. А разве может большое тело обращаться вокруг малого? Но умники Гиппарх и Птолемей не согласились с мнением Аристарха. Кто же из них прав? Могут ли это выяснить нынешние звездочеты?

Астрономы знают, чего им не хватает для этого расчета. Синхронных наблюдений Луны и планет среди звезд, проводимых разом из Европы и из дальних стран — хотя бы из Нового Света! Увы — европейские механики еще *не* умеют изготовить точные часы, уместимые в сундуке. Заменой таким часам может стать сама Луна — если ее движение хотя бы над *одной* обсерваторией будет отражено в подробных и точных таблицах...

Такой проект задумал и начал воплощать полвека назад дерзкий немец Иоганн Мюллер, прозванный Региомонтан. Он переводил и печатал на латыни труды Птолемея и Евклида — ради точного исчисления сроков Пасхи на грядущие годы. Сам Папа призвал Мюллера в Рим — ради реформы церковного календаря, устаревшего со времен Юлия Цезаря. Но тогда смерть от чумы остановила Мюллера. Теперь его дело продолжил на своей родине — в Польше — Николай Коперник, получив высшее образование в Болонье и Падуе. Святое дело — уточнение сроков Пасхи позволяет астроному — расчетчику любые ухищрения. Даже гипотезу о том, что Земля обращается вокруг Солнца — в ряду прочих планет! Эта гипотеза по ходу рассуждений Коперника превратилась в полусекретную аксиому новой астрономии. Понемногу она становится твердым убеждением ее пользователей: опорой их разумной жизни в науке.

Такое чудо уже случилось с тосканским профессором математики — Скипио дель Ферро. По долгу службы он обязан регулярно защищать свое право на должность в открытом состязании с молоде-

жью — в решении новых задач по математике, придуманных самими спорщиками. Большая часть этих задач основана на алгебре — новом для геометров ремесле работы с любыми числами и их символами. Начало ремеслу положил древний грек Диофант в Александрии; его труды обновил Мухаммед аль Хорезми в Багдаде. Позднее Леонардо Фибоначчи перенес умные восточные ремесла в католическую Европу. Здесь изощренные профессора из Сорбонны подняли ремесло алгебры до высокой науки.

Но до сих пор уравнения, в которых неизвестные величины вводятся не только в квадрат, но и в куб, алгебраисты умеют решать только в простейших случаях. И вот профессора Ферро осенило вдохновение. Он, кажется, понял, каким путем можно решить *любое* кубическое уравнение! Способ сложный и окольный; изложить его в четком словесном рассуждении (алгоритме) очень трудно. Но профессор Ферро и не хочет оглашать свое открытие для любых пользователей! Пусть ученая молодежь сама откроет кубический секрет; авось кому-то из молодых удастся кратко и ясно записать хитрый способ решения всех кубических уравнений!

Столь же смелую реформу в другой древней науке — химии, созданной в Египте, — задумал молодой и дерзкий швейцарец Теофраст Хохенхайм. Он хочет достичь сразу двух целей. Во-первых, придать мистическим рассуждениям алхимиков такую же силу и четкость, какой давно достигли астрономы и недавно — алгебраисты. Во-вторых, связать химию с медициной четкими и законными узами. Ибо все неудачи алхимиков на пути превращения разных тяжелых металлов в золото говорят об одном: *не свою* задачу решали умельцы-алхимики!

Зато вместо золота в их печах и горшках из природных стихий рождаются все новые вещества, пригодные как яды или как лекарства от разных болезней. Значит, синтез новых лекарств и есть главное назначение химии! Поняв это, Теофраст ощутил себя умнее и удачливее всех прежних химиков и врачей. В знак этого он принял новое имя: Парацельс, то есть подобный римскому врачу — Корнелию Цельсу, лечившему императора Августа. Или другому славному врачу — греку Галену, лечившему Марка Аврелия. Вот бы теперь Парацельсу стать личным врачом нынешнего императора — Карла Габсбурга!

Эта мечта *не* исполнима — ибо Парацельс в своем Базеле принял новую веру Мартина Лютера, которого император Карл V признал врагом Империи и Церкви. Но не беда; роль лейб-медика при Карле Габс-

бурге достанется фламандцу Андреа Везалию. Он превзойдет славного Галена, создав новый Атлас Человека, в сотрудничестве с художниками школы Тициана. А Парацельс скоро станет профессором медицины в Базеле: оттуда он на всю Европу заявит о своей реформе, по примеру Лютера. Хватит учить студентов-медиков по книгам Галена, Авиценны и Гипократа! Им полезнее самим рассекать трупы людей, умерших от тех или иных болезней. И соображать при этом, как можно было их вылечить — ножом или лекарством!

Вскоре врач и химик Парацельс создаст полезные глазные капли из солей цинка — нового металла, не замеченного алхимиками в составе свинцовой руды (галенита) или привычной латуни. Так восходит к новым высотам древнее мастерство химиков, врачей или геометров человеческого тела.

А еще есть геометрия человеческого Духа — или Разума. Многие века человеческой истории накопили в этой сфере большой опыт удач и неудач разных правителей и пророков. Виднейший их наследник в начале XVI века — это Мартин Лютер. Крестьянский сын и монах, взявшийся лечить пороки тысячелетней католической Церкви. Все предшественники Лютера терпели неудачу в этом деле — ибо не располагали печатным станком для быстрой и дальней пропаганды своих мыслей. Лютер освоил это недавнее изобретение Гутенберга. На каждую папскую буллу против себя он отвечает залпом печатных листовок с тезисами своих проповедей. Да не на латыни, а на родной немецкой мове! Такая оборона действует успешно. Совсем недавно на соборе в Вормсе германские князья, соблазненные инновацией Лютера, не дали пророка в обиду церковникам и даже императору.

Но одной обороны мало: нужен сильный контрудар по Римской церкви, и Лютер готовит его почти в одиночку. Кочуя по тихим гостиницам и крепким замкам, даровитый монах переводит текст Библии с разговорной латыни IV века на разговорный хох-дойч — тот диалект, на котором говорят в родной Лютеру Верхней Саксонии. Этот труд займет у Лютера четыре года. После этого всякий грамотный немец сможет заглянуть в любой раздел Священного Писания, веря своим очам больше, чем чужим речам. Так Библия Лютера ляжет на столы всех просвещенных домовладельцев Германии — рядом с Латинской Библией Гутенберга, изданной 70 лет назад. И закипят в Германии общенародные страсти — вплоть до гражданской войны, конца которой не видать ни Лютеру, ни постаревшему Карлу Габсбургу. Он тоже

уйдет из политики, потеряв веру в католическое единство всех европейцев под двойной властью Императора и Папы.

Политическая и религиозная алхимия также должна — рано или поздно — вырастить своего Парацельса. Он недавно вырос в просвещенной Флоренции — там, где еще в эпоху Марко Поло политик и поэт Данте Алигьери устроил грандиозный посмертный Суд над удачниками и неудачниками, правившими в Италии и вокруг нее в минувшие века. «Божественная комедия» Данте стала первой единой конструкцией потустороннего мира — и первым путеводителем в этот мир, доступным каждому грамотному итальянцу. За этот подвиг поэта Данте назовут первым научным фантастом и космическим путешественником — сравнимым с давними творцами игры в шахматы. Но вслед за фантастами обязательно приходят реалисты — и вот Флоренция в XV веке породила Никколо Макиавелли.

Переосмыслив труды великих историков Рима и Эллады, прилагая их тезисы к реалиям своей эпохи, наемный дипломат Макиавелли мечтал о построении идеального государства во всей Италии. Что получится при этом: монархия или республика? Этот вопрос Макиавелли не пытался решать заранее. Будучи выброшен с дипломатической службы (как и Данте), Макиавелли стал писателем — политологом. Он сочинил два руководства для практиков: краткую теорию монархий и подробную теорию республик.

В обеих книгах автор не пытается льстить читателям или героям книг. Он деловито критикует всех политиков прошлого и настоящего времени за их явные и вредные ошибки, вытекающие из незнания законов политической алгебры, из попыток свести ее к простой арифметике человеческих эмоций и страстей. Жутковатые и увлекательные получились книги! Не скоро какой-то издатель осмелится напечатать это Несвятое Писание — хотя наверняка получится бестселлер, как и у Лютера!

Но тот германский пророк выскочит из активной политики, как только его труды вызовут гражданскую войну среди немцев разных вероисповеданий. Напротив, циничный умник и патриот Флоренции — Макиавелли вложит весь пыл души в оборону родного города от войск императора Карла. И добьется приемлемого мира между республикой и империей. И тихо угаснет от перенапряжения после этого подвига... Не увидев, как император Карл защищает свою Вену от войск турецкого султана. А король Франции заключает союз с султаном против ненавистного ему императора...

Все это увидят, поймут и опишут заочные ученики Макиавелли и Лютера, которые (пока) явно затмевают во мнении людском немногочисленных учеников Магеллана и Коперника, Парацельса и Региомонтана. Всякому времени — свои овощи! Не времена изменяются — и овощи меняются по ходу времен.

Задачи. Серия 12

- 12.1. Когда в Западной Европе появились первые пушки? Чем они отличались от пушек XVI в.?
- 12.2. Что нового внесли в конструкцию и применение пушек гуситы? Почему эти новинки не сразу распространились в Европе? Какая армия Европы стала первой преемницей гуситов в артиллерийском деле?
- 12.3. Почему до XX в. боевое применение ракет отставало от боевого использования пушек?
- 12.4. В чем преимущество косых парусов каравеллы перед прямыми парусами более ранних кораблей?
- 12.5. Какие навигационные приборы использовали европейские мореходы в XV в.? Что было труднее измерить этими приборами — широту или долготу места?
- 12.6. Как были налажены в Португалии научные исследования, позволившие достичь Индии? Какой срок потребовался для решения этой проблемы?
- 12.7. Кто из европейских географов Нового времени рассчитал расстояние от Европы до Индии? Кто занимался этим в античную эпоху?
- 12.8. Кто из европейских ученых первый предложил проект кругосветного путешествия? За сколько лет до плавания Магеллана это было сделано?
- 12.9. Сравните срок плавания Васко да Гамы из Португалии в Индию со сроком первого плавания финикийцев вокруг Африки в Карфаген. Что позволило сократить время плавания?
- 12.10. Кто такой Ахмад ибн Маджид? Какова была его роль в плавании Васко да Гамы?
- 12.11. Кого из предшественников Васко да Гамы вы знаете по именам и достижениям?

- 12.12. Какое из двух плаваний было труднее: Христофора Колумба в 1492 г. или Васко да Гамы в 1498 г.? Почему?
- 12.13. Кто из европейских географов составил обоснование проекта Колумба? Какие ошибки были при этом сделаны? Когда удалось исправить эти ошибки?
- 12.14. Почему король Португалии отверг проект экспедиции Колумба, а король Испании поддержал его?
- 12.15. Кто из европейских мореплавателей прибыл в Америку вторым (после Колумба)? Куда он прибыл и под каким флагом?
- 12.16. Какие события привели к тому, что в Бразилии государственный язык португальский, а в других странах Латинской Америки испанский?
- 12.17. Почему экспедиция Магеллана совершила первое кругосветное плавание, направляясь на запад, а не на восток?
- 12.18. Кто такой Себастьян эль Кáно? Какова его роль в географических открытиях?
- 12.19. Каков был самый неожиданный научный результат экспедиции Магеллана? Кто и когда дал научное объяснение этому результату? Кто и когда проверил это объяснение на опыте?
- 12.20. Что нового внес в астрономию Улугбék по сравнению с Птолемеем и Гиппархом? Где и когда работал Улугбек, где была опубликована его книга? Когда она стала известна европейцам?
- 12.21. Что нового внес в астрономию Коперник по сравнению с Аристархом или Птолемеем? Какие тезисы Птолемея (не соответствующие реальности) Коперник не смог опровергнуть и почему?
- 12.22. Чем замечателен в истории науки Николай Кузанский? Почему его ученые труды не вызвали такого отпора церковников, как труд Коперника?
- 12.23. Что известно об условиях, в которых жил и учился Коперник? Как смог польский священник превзойти лучших астрономов Германии и Италии?
- 12.24. Какие изобретения Гутенберга позволили ему превзойти успехи китайских печатников? Какую роль сыграли при этом открытия европейских алхимиков?
- 12.25. Какую книгу напечатал Гутенберг в первую очередь? Где и когда? На каком языке? Каков был первый тираж?

- 12.26. Где и когда в Европе была напечатана первая *научная* книга? Какая это книга? Кто из европейских ученых причастен к ее изданию?
- 12.27. Как повлиял печатный станок на судьбу Лютера? Как сумел Ян Гус в XV в. обойтись без печатного станка?
- 12.28. Какой срок отделяет появление ручного огнестрельного оружия от появления первых пушек в Европе? Почему этот срок столь велик?
- 12.29. Какое первое крупное сражение в Европе было выиграно благодаря пушкам и какое — благодаря ружьям? Какие это были ружья: фитильные или кремневые?
- 12.30. Чем отличалась стрельба из аркебузы или мушкета от стрельбы из современного ружья?
- 12.31. Каков был личный опыт Макиавелли в политике? Что побудило его к написанию политических трактатов?
- 12.32. Какой труд Макиавелли написал раньше: «Государь» или «Рассуждения на Тита Ливия»? Почему так?
- 12.33. Почему Макиавелли избрал основой для своих книг труды римского, а не греческого историка?
- 12.34. Кого из античных историков (кроме Тита Ливия) можно считать предшественником Макиавелли? Что их объединяет?
- 12.35. Чем отличается сравнительный подход Макиавелли к исторической науке от подхода Плутарха?
- 12.36. Как ответил бы Макиавелли на вопрос: прогнозируем или управляем исторический процесс?
- 12.37. Кем был Макиавелли по убеждению: демократом, монархистом или аристократом? Какое будущее Италии он считал наилучшим или наиболее вероятным?
- 12.38. Верно ли назвать Цезаря Бóрджиа любимым героем Макиавелли?
- 12.39. Верно ли, что Макиавелли никогда не учился в университете? Если так, то где он почерпнул высокую культуру научной мысли?
- 12.40. Перечислите крупных ученых, которые работали при дворе императора Карла V. Где находился этот двор?

- 12.41. В 1530 г. король Франциск I основал в Париже новый университет в дополнение к Сорбонне. Чем это было вызвано? Во что превратился этот университет в XX в.?
- 12.42. Какие научные открытия или технические изобретения Леонардо да Винчи известны сейчас? Почему при жизни он был более известен как живописец, чем как ученый?
- 12.43. Где получил образование Лютер? Можно ли назвать его подход к политике научным?
- 12.44. Составьте диалог-спор между Макиавелли и Лютером о прогнозируемости или управляемости исторического процесса.
- 12.45. Кто из мореплавателей первый обогнул Америку с юга и кто — с севера? Когда это произошло?
- 12.46. Кто из европейских мореходов первый достиг Австралии? Кто первый доказал, что она — особый материк? Когда это было?
- 12.47. Какие открытия в медицине сделал Парацельс?
- 12.48. Какие открытия в медицине сделал Везалий?
- 12.49. Что нового внес в медицину Сервет? Кого можно считать продолжателем дела Сервета в медицине? Почему такой большой срок отделяет работу Сервета от его продолжателя?
- 12.50. Сравните научную деятельность и судьбы Сервета, Кампанеллы и Джордано Бруно. Связана ли их политическая судьба с научной работой?
- 12.51. Какие политические и религиозные события привели европейцев XVI в. к ускоренному исследованию и освоению стран Ближнего и Дальнего Востока? Какая тут связь?
- 12.52. Что нового внес в историческую науку Скалигер?
- 12.53. Какие французские ученые сотрудничали с королем Франции Генрихом IV? Какие открытия они сделали?
- 12.54. Кто из ученых XVI в. первый высказал мысль о невозможности вечного двигателя? Какие еще открытия он сделал?
- 12.55. Античная Эллада состояла из сотен городских республик-полисов. В средневековой Италии таких республик (коммун) были лишь *десятки*. Как это можно объяснить?
- 12.56. Какие коммуны Италии больше всего напоминают самые известные полисы Эллады?
- 12.57. Почему Флоренция — ведущий город Возрождения — не имела в XIII—XVI вв. своего университета?

- 12.58. В каких городах выросли самые знаменитые математики Италии XVI в.? Чем эти города отличались от Флоренции?
- 12.59. Кто из итальянских алгебраистов первый решил кубическое уравнение?
- 12.60. Кто из математиков первый научился решать *любое* кубическое уравнение? Какие методы он использовал?
- 12.61. Кто из алгебраистов первый научился работать с *мнимыми* числами? Что вдохновило его на столь дерзкий шаг?
- 12.62. Кто из алгебраистов впервые предложил изображать комплексные числа точками плоскости? Когда это случилось?
- 12.63. Кто из математиков впервые решил уравнение-многочлен степени 4? Было ли это намного сложнее, чем решение кубического уравнения?
- 12.64. Какие математические открытия сделал Франсуа Виет? Кем он был по стилю мышления — геометром или алгебраистом?
- 12.65. Какие математические методы мог использовать Виет в шифровальном деле? Каких результатов он достиг?
- 12.66. С какого открытия начал свою научную деятельность Тихо Браге? Когда физики поняли суть этого феномена?
- 12.67. Кого из астрономов прежних веков можно назвать предшественником Тихо Браге по методам работы?
- 12.68. Почему Тихо Браге *не смог* измерить расстояние до новой звезды в 1572 г., но сумел измерить расстояние до кометы пять лет спустя? Кому и когда удалось измерить расстояния до звезд?
- 12.69. Под покровительством каких монархов, в окружении каких ученых работал Тихо Браге?
- 12.70. Чего не хватило Тихо Браге для полного понимания движений планет: арифмометра, телескопа или?..
- 12.71. Перечислите крупнейших европейских ученых, которые работали одновременно: около 1520, 1540, 1560, 1580 или 1600 г.

13. Математика и математическая физика в XVII в.

Каждая научная революция начинается с появления новых *методов* обработки исходных сведений — более быстрых либо более глубоких, чем предыдущие. В математике XVII в. было сделано четыре важнейших открытия. В начале века Кéплер и Непíр изоб-

рели *логарифмы* и составили их таблицы. В итоге умножение или деление многозначных чисел свелось к сложению или вычитанию их логарифмов — процедуре гораздо более быстрой. Через полвека Лейбниц изобрел удачный механический *арифмометр*. Эта машина позволяет проделывать все арифметические действия над многозначными числами без размышлений, не утомляя человека так, как это происходит при расчетах в уме или на бумаге.

В 1637 г. Декарт изобрел *аналитическую геометрию*, т. е. способ изображать *точки* плоскости *парами* чисел, а *кривые* на плоскости — *уравнениями* с двумя переменными. Это открытие позволило свести многие трудные проблемы геометрии (например, классификацию плоских сечений конуса) к несложным алгебраическим или арифметическим расчетам. В итоге две главные разновидности человеческой интуиции — логико-числовая и наглядно-геометрическая — смогли работать совместно.

Успехи Декарта в изучении плоских кривых и успехи Кеплера в описании движения планет (три закона Кеплера) породили в ученом мире новую потребность: придумать специальное *исчисление* кривых или движений тел в пространстве, которое работало бы так же быстро и формально, как арифметика целых и дробных чисел. В 1665—1687 гг. Ньютон и Лейбниц изобрели такое исчисление *производных* и *интегралов*, названное *математическим анализом функций*. В рамках этой науки любая числовая *функция*, зависящая от одной или нескольких числовых переменных, заменяется *степенным рядом*, т. е. «бесконечно длинным многочленом». После такой замены любое *дифференциальное* уравнение, выражающее природную связь между двумя *функциями*, сводится к системе *алгебраических* уравнений с неизвестными *числами*: их можно решать привычными методами алгебры.

Освоив новые методы работы с функциями, Ньютон, Лейбниц и их последователи научились решать великое множество старых и новых задач геометрии, механики или алгебры. Например: составить уравнение прямой или окружности, *касающейся* данной кривой в данной точке; вычислить *площадь*, ограниченную данной *кривой*; найти *кривую*, по которой движется тело под действием известной *силы*; или наоборот — рассчитать силу, действующую на тело, которое движется по известной траектории, и др.

Успех в решении этих задач привел Ньютона к убеждению, что математика всемогуща во всех областях естествознания. Ведь все,

что мы наблюдаем в природе, — это *движения* тел, которые мы описываем с помощью *сил*. Если мы умеем рассчитать силу по движению, а движение по силе, значит, все природные явления доступны нашему расчету и пониманию! Такой взгляд на мир Ньютон выразил в заглавии своей главной книги: «Principia Mathematica Philosophiae Naturalis». Наиболее точный перевод этих слов на русский язык таков: «Математические принципы теоретического естествознания». *Принципом* Ньютон называл любой закон, подтвержденный природными явлениями, — в отличие от умозрительной *гипотезы*, которая подлежит проверке наблюдением или экспериментом.

Все ли математические принципы природы открыл Ньютон? Конечно, нет. Например, Ньютон установил *формулу* закона всемирного тяготения и выяснил проявления этой силы во многих процессах: в качании маятника и движении планет вокруг Солнца, в чередовании морских приливов и отливов, в вековой прецессии Земли и ее сплюснутости около полюсов. Но из чего *возникает* сила тяготения, с какой *скоростью* она распространяется в пространстве? На такие вопросы Ньютон не мог ответить. Ответы на них не удалось найти и в XVIII в. Ньютон ощущал пределы созданной им математической физики, и этот факт его сильно беспокоил.

Тем временем некоторые современники Ньютона, не стесненные его взглядом на физический мир, открывали в природе закономерности, не укладывающиеся в схему Ньютона. Так, в 1668 г. Вáллис (старший друг Ньютона) заметил *сохранение импульса* в механических процессах, а в 1693 г. Лейбниц (соперник Ньютона) обнаружил *сохранение полной энергии* в движении механических систем. Ньютон никак не реагировал на эти открытия: они казались ему излишними «довесками» к созданной им полной теории сил и движений.

Однако Ньютон видел незавершенность своей математической картины физического мира. В 1704 г. он опубликовал книгу «Оптика» с изложением *корпускулярной теории света*. Но еще раньше Гюйгенс (которого Ньютон высоко ценил) предложил *волновую теорию света*, которая столь же успешно объясняла все известные оптические явления. Какая из двух теорий вернее отражает природную истину? Можно ли ответить на такой вопрос с помощью существующей математики или надо изобретать новые исчисления?

Ньютон догадывался о необходимости дополнить известную математику новыми разделами. С помощью дифференциальных уравнений он мог рассчитать траекторию наибо́льшего спуска саней

с ледяной горы. Но он был бессилён объяснить, почему кристалл изумруда или рубина имеет форму шестигранной призмы, а кристалл обычной соли или пирита — форму куба. Описание и объяснение *симметрий* природных тел требовало создания *теории групп*: это было сделано лишь в XIX в. Гауссом и Галуа. Еще позже была установлена связь между группами симметрий и законами *сохранения* различных переменных величин в физике.

Так XVII в. породил цельное *математическое естествознание*, основанное на аналитической геометрии, исчислении производных и интегралов. Но включить всю природу в этот математический мир не удалось даже сильнейшим ученым XVII в., таким как Гюйгенс, Ньютон и Лейбниц. Поэтому рядом с *математической физикой* (т. е. механикой) в XVII в. процветали другие ветви естествознания. Они широко пользовались методами математики, но столь же часто опирались на *эксперименты* с природными объектами. Первой в ряду таких наук стояла астрономия, за ней шли термодинамика, химия и биология.

Задачи. Серия 13

- 13.1. Говорят, что юный Кеплер и старый Браге одновременно наблюдали комету. Возможно ли это?
- 13.2. Когда и где началось сотрудничество Браге и Кеплера? Какую задачу поставил Браге перед Кеплером в начале их сотрудничества? В чем была ее трудность?
- 13.3. Кем был Кеплер по стилю мышления: геометром или алгебраистом? В чем это выразилось?
- 13.4. Какие ошибочные гипотезы о движении планет перебрал Кеплер в процессе своей работы?
- 13.5. Какие математические методы обработки результатов наблюдений Кеплер изобрел по ходу своей работы над орбитами планет?
- 13.6. Почему в работах Кеплера и Непира натуральные логарифмы появились раньше, чем десятичные? Кто придумал десятичные логарифмы?
- 13.7. Кто и когда изобрел логарифмическую линейку? Какие таблицы при этом использовались?
- 13.8. Как Непир и Кеплер вычисляли значения логарифмов для своих таблиц?

- 13.9. Как формулируются законы Кеплера? В каком порядке они были открыты?
- 13.10. Какова продолжительность одного года на Меркурии, Венере, Марсе, Юпитере и Сатурне? Успел ли Браге наблюдать движение этих планет в течение полного периода их обращения вокруг Солнца?
- 13.11. Что помешало Кеплеру открыть общие методы интегрирования и дифференцирования функций, которые позднее открыл Ньютон?
- 13.12. Почему Галилей не опередил Кеплера в открытии законов движения планет?
- 13.13. Чем отличался стиль мышления Галилея в математике и физике от стиля мышления Кеплера? В каких открытиях этих ученых проявилась разница их стилей мышления?
- 13.14. Какие новые разделы математики мог бы создать Галилей, если бы он довел до конца свои рассуждения о квадратах натуральных чисел и об относительности равномерного движения? Кто и когда создал эти разделы математики?
- 13.15. Говорят, что Галилей *не бросал* два ядра с Пизанской башни (вопреки известной легенде). Что было на самом деле?
- 13.16. Назовите главные книги Браге, Кеплера и Галилея. О чем они рассказывают и чем отличается характер изложения?
- 13.17. Кого можно считать основоположником научно-популярной литературы в Новое время? Кто был основателем этого жанра в античную эпоху?
- 13.18. Кого из античных математиков Декарт мог бы назвать своим предшественником? В чем он превзошел этого ученого?
- 13.19. Какие плоские кривые (кроме конических сечений) изучал Декарт и почему он остановился в своих исследованиях? Кто первый превзошел Декарта в этой области?
- 13.20. Почему Декарт не изложил аналитическую геометрию пространства так же полно, как геометрию плоскости?
- 13.21. Кто первый ввел в математику понятие «график числовой функции»? Когда это произошло?
- 13.22. Какова была область общих интересов Ферма́ и Декарта в математике? Кто достиг в этой области бóльших успехов и почему?

- 13.23. Кто из математиков первый начал работать с числовой осью как с цельным объектом? Какие числа при этом включались в ось, а какие нет — и почему? Кто из античных математиков работал в таком же стиле?
- 13.24. Приведите примеры кривых на плоскости, свойства которых Декарт не изучал.
- 13.25. Какие задачи дифференциального исчисления плоских кривых умел решать Декарт? Какие задачи этой науки были ему не под силу?
- 13.26. Какие открытия сделал Пьер Ферма́ в математическом анализе кривых и функций?
- 13.27. Какие открытия сделал Ферма́ в теории чисел? Кто был его предшественником в этой области?
- 13.28. Кто из современников Ферма́ разделял его интерес к теории чисел? Какие открытия сделал этот математик? Чем он известен за пределами математики?
- 13.29. Какие утверждения Ферма́ о числах не были ни доказаны, ни опровергнуты в XVII в.? Были ли среди этих утверждений ошибочные?
- 13.30. Кто первый представил число π в виде бесконечного ряда? Какие ряды наиболее удобны для вычисления десятичной записи π ?
- 13.31. Кто первый из математиков изучил особенности записи чисел в недесятичных системах счисления? Когда это было?
- 13.32. Кто первый определил интеграл с помощью арифметики и пределов последовательностей, а не просто как площадь фигуры?
- 13.33. Какие открытия в математике сделал Исаак Барроу?
- 13.34. Какой закон математической физики открыли Валлис и Гюйгенс?
- 13.35. Каков главный вклад Гюйгенса в математическую физику?
- 13.36. Почему Декарт большую часть жизни провел вне Франции? Где он предпочитал жить?
- 13.37. Какое отношение имел Христиан Гюйгенс к Королевскому обществу в Лондоне и к Академии наук в Париже?
- 13.38. Рассказывают, что Ньютон пришел на первый экзамен по геометрии в Тринити-колледже, не прочтя книгу Евклида, но

- экзамен сдал успешно. Верно ли это предание? Бывало ли подобное еще с кем-нибудь из известных математиков?
- 13.39.** В каких условиях и когда Ньютон сделал свои главные открытия в математическом анализе?
- 13.40.** Каковы важнейшие результаты, достигнутые Ньютоном в математическом анализе функций?
- 13.41.** Кого из математиков старшего поколения Ньютон ценил больше всех? За какие достижения?
- 13.42.** Кто из крупных математиков XVII в. был самым талантливым (или самым удачливым) учителем? Кто были его ученики?
- 13.43.** Каковы главные открытия Ньютона в теоретической физике?
- 13.44.** Почему открытие основных фактов математического анализа Ньютоном отделено от публикации его главной книги столь большим сроком? Чего не хватало Ньютону раньше: ясности теоретических понятий, вычислительной техники, астрономических данных или?..
- 13.45.** Назовите друзей и недругов Ньютона среди ученых. Каковы были причины такой приязни или неприязни?
- 13.46.** Почему не сложилось сотрудничество Ньютона с Лейбницем? Случаен ли этот факт или он был неизбежен?
- 13.47.** Где и у кого Лейбниц научился высшей математике?
- 13.48.** Почему Лейбниц никогда не преподавал в каком-либо университете? Что он считал своей основной профессией?
- 13.49.** Когда Лейбниц впервые попал в Париж и когда в Лондон? Какие последствия имели эти визиты?
- 13.50.** Назовите предшественников Лейбница в «дискретной» математике. В чем он превзошел этих ученых?
- 13.51.** В чем Лейбниц опередил Ньютона в области математического анализа? В чем, напротив, Ньютон опередил Лейбница? Как это связано с разницей в стиле мышления этих ученых?
- 13.52.** Какую пользу и какой вред принес науке спор о приоритете между Ньютоном и Лейбницем? Сопоставим ли этот спор со ссорой между Тарталья и Кардано в XVI в.?
- 13.53.** Каков был вклад Лейбница в развитие науки в Германии и России?

- 13.54. Какие новые понятия Ньютон ввел в физику? Какие иные физические понятия были введены в это время другими учеными, но не вызвали интереса Ньютона? Почему так?
- 13.55. Какие из своих законов Ньютон вывел экспериментально?
- 13.56. Какие факты убедили Ньютона в том, что существует единый закон всемирного тяготения? Кто первый угадал или доказал формулу обратных квадратов в этом законе?
- 13.57. Каков был вклад Ньютона в оптику? В чем он был не согласен с Гюйгенсом? Возможно ли было разрешить этот спор в XVII в.? Когда и как он был окончательно решен?
- 13.58. Какие математические открытия сделал Ньютон за пределами математического анализа функций?
- 13.59. Кем был Ньютон по стилю мышления: геометром или алгебраистом? Из чего можно сделать такой вывод?
- 13.60. Каковы были *внеаучные* интересы Ньютона? Каких успехов он достиг в этих областях?
- 13.61. Сравните активность Ньютона и Лейбница в политике. Как она согласуется с другими чертами их характеров?
- 13.62. Каковы могли быть причины увлечения Ньютона химией? Каких успехов он достиг в этой области?
- 13.63. Какой вклад внес Лейбниц в теоретическую физику? Почему Ньютон не опередил его в этом открытии? Кого Лейбниц мог назвать своим учителем в физике?

Пьер Ферма

Текст с ошибками

В среду 4 декабря 1652 года¹ Академия Франции собралась на юбилейное заседание в честь её основателя — кардинала Антуана² де Ришелье³. Двадцать лет назад, в разгар Тридцатилетней войны, когда французские войска изнемогали⁴ под натиском прусских Габсбургов⁵, — в ту тяжкую пору смелый и дальновидный епископ⁶ убедил юного короля Людовика XIV⁷ объединить сообщество учёных французов в Королевской академии наук. Её первым президентом⁸ стал знаменитый Декарт⁹ — создатель нового исчисления кривых линий и площадей тех фигур, которые они ограничивают. Эллипс, парабола, гипербола — все эти наглядные образы, открытые Пифагором, подверглись в уме Декарта формальному расчёту;

на благо тех астрономов, которые отслеживают пути планет и их влияние на судьбы государств¹⁰.

Увы, ни Ришелье, ни Декарта уже нет среди живых французов! Новым премьер-министром Франции стал Жан Пьер Кольбер¹¹, а место председателя в Академии Наук занял младший друг Декарта — скромный и тактичный Жан Мерсенн⁸, прежний секретарь Академии. Благодаря его усилиям члены-корреспонденты Академии появились во всех европейских столицах: от Мадрида до Москвы¹², от Стокгольма до Константинополя.

Роль вице-президента досталась Пьеру Ферма⁸ — старому другу Декарта, его коллеге в установлении союза между алгеброй комплексных чисел¹³ и анализом кривых линий. Понятно, что именно Ферма должен сделать сегодня пленарный доклад о новейших математических открытиях. В качестве темы доклада академик Ферма выбрал старую как мир теорему Пифагора. Пытаясь обобщить её на высшие степени чисел, Ферма встретил неожиданное препятствие: ему не удалось найти ни одного целого решения для простого уравнения:

$$x^3 + y^3 = z^3.$$

Поразмыслив над этим неуспехом, изобретательный гасконец Ферма¹⁴ нашёл удивительное доказательство неожиданному факту: никакой целый куб не равен сумме двух других целых кубов!¹⁵ Это арифметическое чудо вытекает из геометрических свойств «декартова листа»¹⁶ — красивой кривой линии, введённой Рене Декартом в круг понятий алгебраической геометрии.

Хорошо бы обобщить новую теорему Ферма на случай высших степеней! Например, доказать, что целый биквадрат не равен сумме двух других биквадратов, и так далее... Какие новые геометрические факты и понятия придётся для этого ввести в алгебру и в анализ? Не следует ли решать общее уравнение Пифагора в комплексных числах — по рецепту мудрого итальянца Бомбелли? Или здесь пригодятся интегралы¹⁷, придуманные немцем Кеплером для расчёта длины эллипса либо гиперболы?

Все эти вопросы мудрый старец Ферма намерен вынести сегодня на рассмотрение своих младших коллег: пламенного гугенота¹⁸ Виета¹⁹ и убеждённого католика Паскаля²⁰, британского гостя Валлиса²¹ и его друга Бойля²², ставшего недавно первым президентом²³ Королевского общества²⁴ в Лондоне. Можно ждать интересных предложений и от учёных голландцев: Христиана Гюйгенса²⁵ и братьев

Бернулли²⁶. Хорошо, что хоть изредка все видные математики Европы собираются под одной крышей!

Если даже сегодня мудрая Афина никого не осенит своим вдохновением — это непременно случится завтра или послезавтра, или через год, или через век! Раз возникнув, академии наук становятся бессмертны. Так было в Элладе с Академией Пифагора²⁷; так есть и будет в новой Европе, сплочённой двойным гением Декарта и Рихшелье. Кто-то где-то когда-то превратит дерзкие гипотезы Декарта и Ферма в новые теоремы — так же, как мудрый старик Пифагор сделал теоремой гипотезу древнего египтянина Имхотепа!

Исаак Ньютон

Текст с ошибками

В это майское утро сэр Исаак проснулся на рассвете. Предстоял знаменательный день¹: сегодня он впервые расскажет королю Вильяму Завоевателю² о своих открытиях в астрономии и алхимии. Славный внук основателя Голландской республики³ недавно стал правителем Англии, после того как англичане свергли с трона⁴ самозванца Карла I Тюдора⁵ и изгнали его незадачливого сына Якова I⁶ на европейский материк⁷. Пусть этот бездарь-католик правит теми, кто захочет его принять, хотя бы французскими гугенотами в Ла-Рошели⁸!

Англичанам милее просвещенный правитель, выросший в условиях республики, а Ньютон особенно рад познакомиться с учеником великого Декарта⁹. Со времен Александра Македонского ни один государь не имел столь выдающегося учителя! Можно надеяться, что под властью Вильяма I наука расцветет в Англии столь же пышно, как прежде в Элладе. И давно пора: ведь до сих пор ученые-англичане отставали от своих коллег на континенте¹⁰. Например, Декарт превзошел Роберта Бойля в аналитической геометрии¹¹, а Лейбниц опередил самого Ньютона в изобретении производных и интегралов¹². Даже одинокий Ферма в далеком северном Берлине¹³ создал теорию вероятностей¹⁴ раньше, чем Ньютон угадал ее основные принципы! В чем тут дело?

Ньютону все ясно: на континенте давно процветают академии наук, а в Англии нет¹⁵ ничего подобного! Со времен хитроумного кардинала Рихшелье члены Французской академии¹⁶ поощряют развитие натурфилософии во всех странах Европы. Не случайно имен-

но в Париже сделали свои открытия датчане Браге и Рёмер, немцы Кеплер и Лейбниц, итальянцы Кассини и Торричелли¹⁷. Не отстают и просвещенные голландцы¹⁸. Президент их академии — ученик Декарта — Христиан Гюйгенс только что изобрел зеркальный телескоп¹⁹ и с его помощью открыл кольца Сатурна²⁰...

Чтобы не отстать от мирового прогресса, Англии нужна своя Академия наук; пусть ее основателем станет новый король Вильям! Но для этого необходимо убедить монарха в высоком качестве английской учености. К счастью, Ньютону и его друзьям есть чем похвастаться. Только что Фрэнсис Бэкон²¹ доказал существование атомов, о которых писал великий Лукреций²². Механик Роберт Гук изобрел микроскоп²³ и с его помощью открыл в капле воды огромный мир крошечных живых чудовищ²⁴. Наконец, сам Ньютон измерил силы притяжения между Землей, Луной и Солнцем и составил уравнение движения любых небесных тел²⁵!

Все эти открытия отражены в главной книге Ньютона «Математические принципы физики». И подумать только, бывший король Карл I не дал ни гроша²⁶ на публикацию книги, способной на века прославить Англию! А для Ньютона он не нашел лучшего применения, чем назначить его директором Монетного двора²⁷... Разве так обращались в Элладе с Аристотелем и Архимедом? Одна надежда на нового просвещенного монарха Вильяма I Стюарта³!

Эта надежда оправдалась. Одним из первых декретов король Вильям учредил в Англии Королевское общество наук и искусств²⁸. Ньютон стал его первым президентом²⁹, его друг Гук²⁹ — ученым секретарем, а еще один друг Ньютона, Галлей, был назначен Королевским астрономом³⁰.

Вскоре эти мудрые указы привели к серии новых замечательных открытий.

Ученик Бэкона — Джон Дальтон сумел измерить массы атомов³¹, а ученик Галлея — Вильям Гершель измерил расстояние от Земли до ближайших звезд³². Джон Валлис, ставший духовником короля Вильяма³³, получил первую формулу для вычисления волшебного числа π и открыл закон сохранения полной энергии в механике³⁴. Сам Ньютон перенес свои интересы из механики в химию³⁵: он построил первую кислотную электрическую батарею³⁶ и с ее помощью разложил воду на водород и кислород. С этого времени английская наука и техника стали лидерами Европы и всего просвещенного мира.

14. Экспериментальное естествознание в XVII в. (от Галилея до Левенгука)

Всякий переворот в этой области науки связан с появлением новых приборов. В XVII в. появились четыре важнейшие новинки: *линзовый* телескоп (1610 г.), *зеркальный* телескоп (1668 г.), *микроскоп* (1630-е годы) и часы с *маятником* (1656 г.). Соответственно наибольший прогресс был достигнут в астрономии, заметно меньший — в биологии и молекулярной физике.

Первое изображение подзорных труб появилось на итальянских фресках в XIII в. Однако крупные открытия в телескопной астрономии были сделаны лишь в XVII в. выдающимися учеными — Галилеем и Кеплером. Услышав о раздвижной подзорной трубе, изобретенной голландскими оптиками, Галилей быстро создал геометрическую теорию этого прибора, рассчитал фокусные расстояния необходимых линз, сам их изготовил и в 1610 г. направил телескоп на небо. Сразу последовал залп неожиданных открытий.

1. *Фазы Венеры и Марса*. Они доказывают, что Венера и другие планеты, подобно Луне, лишь отражают солнечный свет, а сами являются сравнительно холодными телами.

2. *Спутники Юпитера*. Галилей открыл четыре крупнейших спутника и обнаружил их обращение вокруг большой планеты. Как только Гюйгенс изобрел и построил точные часы с маятником (1656 г.), стало возможно проверить третий закон Кеплера для спутников Юпитера. Он оказался верен и в этом новом примере, вследствие чего Ньютон сделал вывод об универсальности сил тяготения в рамках Солнечной системы и начал поиски математической формулы сил гравитации.

3. *Карта Луны*. Ее рисовали еще античные астрономы. Но только Галилей заметил *изменение* размеров теней на лунном диске в течение лунного дня. По этим данным он сделал вывод о наличии *гор* на Луне и сумел оценить их высоту: она оказалась почти такой же, как у земных гор.

Первая карта Марса была составлена в конце XVII в., когда появились достаточно сильные телескопы. Различить детали на диске Венеры астрономам XVII—XVIII вв. не удалось. Только в 1762 г., наблюдая прохождение Венеры по диску Солнца, М. В. Ломоносов и другие астрономы сделали вывод о существовании *атмосферы* на Венере и о том, что мы видим только верхний слой облаков этой планеты.

4. *Пятна на Солнце*. Их тоже наблюдали издавна с помощью закопченных стекол. Но Галилей впервые составил *карту* размещения пятен на солнечном диске и заметил, что эта картина *изменяется* со временем, с периодом около 27 суток. Так было открыто вращение Солнца вокруг его оси.

После этого начались споры о строении Солнца. Является ли оно твердым телом (как думал Анаксагор), или каплей густой огненной жидкости (как думал Ломоносов), или раскалена только верхняя часть солнечной атмосферы, а пятна — это просветы в огненных тучах, открывающие холодную поверхность Солнца (как думал Гершель)?

Эти споры тянулись до середины XIX в., пока не возникла физическая *термодинамика*, которая позволила рассматривать Солнце как тепловую машину.

5. *Кольца Сатурна*. Их впервые заметил Галилей. Но его телескоп был слаб, и ученому показалось, что по бокам Сатурна стоят два больших спутника. Первым ясно увидел кольцо Сатурна Гюйгенс около 1650 г. Он угадал, что кольцо может быть устойчивым, только если оно состоит из мелких камней, пыли и снега. Твердое или жидкое кольцо было бы разорвано на части силами инерции и тяготения. Но строгое математическое доказательство этого факта нашел лишь Максвелл в середине XIX в.

В 1660-е годы парижский астроном Кассини заметил щель в кольце Сатурна. Позднее были открыты другие щели в кольцах. Но только в конце XX в. фотографии, сделанные межпланетными зондами «Вояджер», выявили поразительно сложное геометрическое строение колец Сатурна и дали математикам возможность изучить их эволюцию.

6. *Межпланетные расстояния*. В 1609 г. Кеплер вывел из наблюдений Браге первые два закона движения планет: Солнце стоит в фокусе эллипса, по которому летит планета, а скорость ее полета изменяется так, что за равные отрезки времени радиус-вектор планеты замечает равные площади. В 1619 г. Кеплер нашел связь между периодами обращения разных планет вокруг Солнца. Эта формула (вместе с законом равных площадей) позволяет по одному известному межпланетному расстоянию рассчитать *все* расстояния между планетами и Солнцем на любой момент времени. Но как узнать хоть одно межпланетное расстояние?

Кеплер предложил наблюдать прохождение Венеры по диску Солнца из разных точек Земли и сравнить длины видимых «сле-

дов» Венеры на Солнце. Это удалось осуществить только в 1639 г., поскольку организовать синхронное наблюдение по всей Европе в условиях Тридцатилетней войны было невозможно.

В 1656 г. Гюйгенс построил точные часы с маятником и изобрел микрометр для точного измерения расстояний — линейных и угловых. С такими инструментами стало возможно синхронное наблюдение положения любой планеты среди звезд из удаленных точек Земли. В 1671 г. Кассини и Ришэ одновременно наблюдали Марс из Парижа и Гвианы (вблизи земного экватора). В итоге было рассчитано расстояние от Земли до Марса. Размеры Солнечной системы перестали быть тайной.

7. *Скорость света.* В 1660-е годы итальянский астроном Кассини составил таблицы движения спутников Юпитера: по ним он проверял третий закон Кеплера. Вскоре Кассини стал директором Парижской обсерватории, среди его сотрудников оказался молодой датчанин Олаф Рёмер.

Изучая таблицы Кассини, Рёмер заметил странный эффект: интервалы между последовательными затмениями спутников Юпитера *менялись* в зависимости от того, в каком месяце земного календаря велись наблюдения! В августе эти интервалы были короче, чем в феврале, примерно на одну десятитысячную часть периода обращения спутника. В чем тут дело?

После долгих размышлений Рёмер сумел объяснить эти факты, но только при одном условии: скорость света в межпланетном пространстве *конечна* и примерно в 10 000 раз больше скорости полета Земли по ее орбите вокруг Солнца. Так была получена первая оценка скорости света в вакууме.

Из всех физиков XVII в. только Гюйгенс и Ньютон приняли сообщение Рёмера о конечной скорости света с интересом и доверием. Они оба строили в это время теоретическую оптику, но по разным моделям. Ньютон считал, что свет — это поток *частиц*, летящих от тела к телу. Гюйгенс считал свет *волнами* в особой упругой среде — *эфире*, заполняющем пространство. Для обеих теорий удобной казалась *конечная* скорость света, но результат Рёмера не позволял решить, какая из двух теорий света ближе к истине.

Кроме телескопа, важнейшим прибором XVII в. стали точные часы. Как ни странно, до Гюйгенса никому не приходило в голову использовать равномерные колебания маятника для точного измерения времени. К счастью, Гюйгенс был не только искусным механи-

ком, но и отличным математиком. Он создал математическую модель маятника и выяснил, что колебания вполне равномерны, когда центр массы маятника движется не по дуге окружности, а по дуге *циклоиды*. Гюйгенс сконструировал часы с таким движением маятника; с их помощью астрономы получили много точных и порой неожиданных результатов.

Например, Кассини и Рише проводили синхронные наблюдения Марса из Парижа и Гвианы. При этом Рише заметил, что его часы, отрегулированные в Париже, начали отставать. Но по возвращении в Париж часы вернулись к нормальному ритму хода! Поскольку длина маятника не изменялась, Кассини сделал вывод: *ускорение* свободного падения (g) на экваторе *меньше*, чем в Париже. Значит, экваториальный *радиус* Земли больше ее «парижского» радиуса, т. е. Земля сплюснута наподобие репы, и отклонения в ходе часов позволяют оценить меру этой сплюснутости!

Колебания маятника позволили Ньютону вывести из эксперимента закон, в дальнейшем получивший название второго закона Ньютона: *ускорение* движения тела прямо пропорционально *силе*, действующей на тело. Лейбниц же заметил в колебаниях маятника многократный *переход* кинетической *энергии* в потенциальную, причем сумма этих энергий сохраняется. Так в физику вошел первый *закон сохранения*: он подразумевает совсем иной подход к описанию движения тел, по сравнению с *силовым* подходом Ньютона.

Микроскоп не вызвал в науке XVII в. столь значительной революции, как телескоп и часы, хотя человеческому взору открылось немало чудес. Главным чудом оказалась огромная *сложность* живого мира в отличие от мира небесных тел. Например, человеческая кожа выглядит сложнее, чем поверхность Луны, а разнообразие микроорганизмов в капле воды превосходит разнообразие небесных светил. Но вот беда: в движении живых тел не заметно простых закономерностей, схожих с законами Кеплера или Ньютона!

Только в 1630-е годы Вильям Гэрвей сумел экспериментально обнаружить такую закономерность в движении крови через организм человека. Вскоре Марчелло Мальпиги строго доказал открытие Гарвея, наблюдая в микроскоп замкнутую систему капилляров в мышцах. После этого Джон Мэйб высказал замечательную гипотезу о природе дыхания. Он сравнил дыхание с *горением*, а покраснение венозной крови при проходе через легкие — с превращением холодного черного угля в раскаленный уголек в печи. Но проверить

эту гипотезу Мэйо не сумел, и она возродилась лишь через сто лет, когда химик Лавуазье угадал и экспериментально обосновал общий механизм окисления природных веществ.

Учение Демокрита об атомах возродилось в XVII в. благодаря изобретению *воздушного насоса* по аналогии с водяным насосом. Сперва Торричелли искусственно получил пустоту (*вакуум*) над поверхностью ртути или воды в трубке барометра. Потом Отто Гёрике построил первый вакуум-насос и с его помощью продемонстрировал всем желающим огромную силу атмосферного давления. Наконец, теоретик Роберт Бойль в содружестве с экспериментатором Робертом Гуком занялся изучением свойств вакуума и различных газов.

Бойль начал с того опыта, о котором мечтал Галилей: он заставил пушинку и дробинку одновременно падать в стеклянной трубке, из которой выкачан почти весь воздух. Догадка Галилея подтвердилась: ускорение свободного падения не зависит ни от массы, ни от плотности тела! После этого Бойль проверил прохождение звука, света, электрической и магнитной сил через вакуум. Действительно, колокольчик не звенит в пустоте, но свет и магнитная сила проходят через нее.

Выяснив на опыте, что воздух и иные газы способны не только расширяться (занимая весь доступный объем), но и сжиматься, когда к ним приложена внешняя сила, Бойль обнаружил простую связь между *давлением* в газе и тем *объемом*, который занимает данное количество газа. Впрочем, Бойль и Гук не сумели измерить изменение *температуры* газа при его быстром сжатии или расширении. Тем не менее представление о газе как о системе из множества упругих подвижных шариков, разделенных пустотой, укоренилось в европейской науке.

Огромные успехи математики и экспериментальной физики заметно изменили мировоззрение европейцев XVII в. Вспомним, что среди ученых-эллинов времен Пифагора высшим классом рассуждения считалось *логичное словесное* доказательство теоремы или физического тезиса. Только Архимед старался меньше говорить и писать словами. Нередко он лишь рисовал чертеж, сопровождая его одним словом: «Смотри!» Теперь Бойль возродил систему Архимеда, отвергнув многословие ученых-эллинов и схоластов средневековья. Он считал, что рядом со словом «Смотри!» можно и нужно представить не только чертеж (как делал Ньютон) или алгебраическую формулу (как предпочитал Лейбниц), но и подробное описание прибора, в котором проводится основной эксперимент.

С химиком Бойлем были согласны инженер Гук и архитектор Рэн, физиолог Гарвей, математики Бэрроу и Вэллис. В 1663 г. они получили от короля Карла II хартию первой английской академии наук — Королевского общества, чьим девизом стало «Nullius in Verba» — «Ничего на словах!».

Каждое заседание Общества посвящалось разбору очередного эксперимента с интересными результатами, о которых стало известно из писем английских либо иностранных ученых. Строить все необходимые для этого приборы по авторским описаниям был обязан Роберт Гук — секретарь Общества и величайший инженер своей эпохи.

В 1666 г. примеру англичан последовали французы: по инициативе астронома Пика́ра, под покровительством министра Кольбе́ра в Париже возникла Академия наук. Ее первым президентом стал один из учредителей Королевского общества — голландец Христиан Гю́йгенс. Несколько раньше подобные академии появились в разных городах Италии.

Итак, через двадцать два столетия после школы Пифагора, через одиннадцать веков после первых католических монастырей, через пять веков после первых университетов в Европе появилась еще одна разновидность научных коллективов — Академия наук, имеющая целью диалог с природой на языке математики либо эксперимента. При этом удачным считался только *воспроизводимый* диалог: либо зафиксированное на бумаге доказательство, либо устойчиво работающий *прибор*, превращающий одну из природных тайн или целовеческих гипотез в понятный всем и окончательный научный факт. Новые монахи науки — академики верили, что на каждый разумный вопрос у природы есть в запасе готовый ответ. Нужно только угадать тот язык, на котором природа яснее всего отвечает исследователю на его вопросы. Эта научная вера процветала в Европе более двух веков, ее приверженцы создали огромный понятийный аппарат современной науки и позволили инженерам начать в XVIII в. промышленную революцию.

Задачи. Серия 14

- 14.1. Какие астрономические открытия сделал Галилей?
- 14.2. Что помешало Галилею открыть кольца Сатурна? Кому это удалось и когда?

- 14.3. Каков был важнейший вклад Ньютона в астрономию?
- 14.4. Какие астрономические результаты использовал Ньютон при построении своей механики?
- 14.5. Чем различаются принципы действия линзового и зеркального телескопов? В каких случаях один из них удобнее другого?
- 14.6. Каковы рекордные размеры линзового и зеркального телескопов в нашу эпоху? Что ограничивает их размеры?
- 14.7. Какие часы использовали европейские астрономы до того, как Гюйгенс изобрел часы с маятником?
- 14.8. Чем отличаются современные механические часы от тех, которые создал Гюйгенс? Когда появилась схема современных часов?
- 14.9. В XVII в. астроном Жан Пика́р значительно увеличил точность метода Эратосфена в измерении размеров Земли. Как он этого достиг?
- 14.10. Как Кеплер смог предсказать прохождение Венеры или Меркурия по диску Солнца? Кто первый наблюдал эти явления?
- 14.11. Как астрономы отличают планету, проходящую по диску Солнца, от солнечного пятна?
- 14.12. Чему равен период обращения Солнца вокруг его оси? Кто и как впервые измерил этот период?
- 14.13. Является ли Солнце твердым, жидким или газообразным телом? Когда и как это было выяснено?
- 14.14. Кто и когда впервые измерил диаметры планет? Как это было сделано?
- 14.15. Какие факты убедили астрономов, что на Марсе и на Венере есть атмосфера?
- 14.16. Перечислите главные открытия Кассини в астрономии.
- 14.17. Кто из астрономов внес существенный вклад в выяснение строения колец Сатурна? Когда это было сделано и какими методами?
- 14.18. Что известно о толщине колец Сатурна? Когда и как это было выяснено?
- 14.19. Как объясняют современные астрономы наличие щелей в кольцах Сатурна? Кто первый понял их происхождение?
- 14.20. Что известно о происхождении и возрасте колец Сатурна?
- 14.21. Кто и когда составил первую подробную карту Луны?

- 14.22. Кто и когда составил первую карту Марса?
- 14.23. Когда и каким способом были впервые измерены межпланетные расстояния? Чем отличался этот способ от того, который предложил Кеплер?
- 14.24. Как и когда были измерены периоды обращения планет вокруг их осей? Какие приборы понадобились для этого?
- 14.25. Поверхность каких планет можно наблюдать в оптический телескоп? Как изучаются в XX в. поверхности других планет?
- 14.26. Как итальянец Джованни Кассини стал французским астрономом? Кто из ученых приложил усилия к тому, чтобы это произошло?
- 14.27. Какие методы использовались в XVII—XVIII вв. для уточнения формы Земли? Кто из ученых участвовал в этом?
- 14.28. Как рассуждал Рёмер, выводя значение скорости света по таблицам Кассини? Насколько велика была ошибка этой оценки?
- 14.29. Кто и когда вычислил скорость света иным путем, чем Рёмер? Какие физические эффекты измерялись при этом?
- 14.30. Какими разделами физики (кроме оптики и небесной механики) занимался Кеплер? Чего он достиг в этих науках?
- 14.31. Кто и когда впервые установил точный закон преломления света в прозрачных телах?
- 14.32. Кто и как впервые измерил скорость звука в воздухе?
- 14.33. Когда и кем были впервые обнаружены движение звезд, двойные и переменные звезды?
- 14.34. Кто первый высказал гипотезу, что некоторые кометы движутся вокруг Солнца по эллипсам? Кто и как доказал эту гипотезу?
- 14.35. Кто первый заметил, что траектория движения Луны вокруг Земли не окружность, а эллипс? Какой эффект позволяет это заметить?
- 14.36. Кто из астрономов составил первую карту южного полушария звездного неба? Из какой точки он вел наблюдения?
- 14.37. Чем прославился в науке Эванджелиста Торричелли?
- 14.38. Чем прославился в науке Отто фон Гёрике?
- 14.39. Чем прославился в естествознании и технике Блез Паскаль?
- 14.40. Кто первый обнаружил связь между рычагом и гидравлическим прессом?

- 14.41. Кто первый исследовал зависимость атмосферного давления от высоты над поверхностью Земли?
- 14.42. Кто и когда впервые исследовал магнитные свойства Земли? Какие географические факты он использовал при этом?
- 14.43. Перечислите астрономические открытия и гипотезы, предложенные Гюйгенсом.
- 14.44. Кого из ученых XVII в. можно считать изобретателем микроскопа?
- 14.45. Какие открытия сделал Роберт Гук с помощью телескопа и микроскопа?
- 14.46. Какие открытия сделал с помощью микроскопа Антон Левенгук?
- 14.47. Какие открытия сделал в биологии Вильям Гарвей? Каковы были методы его работы?
- 14.48. Какие открытия в биологии сделал Марчелло Мальпиги? Чем методы его работы отличались от методов Гарвея?
- 14.49. Какие открытия в астрономии сделал Эдмунд Галлей? Чем он известен в науке, кроме своих открытий?
- 14.50. Какие открытия в механике сделал Роберт Гук?
- 14.51. В каких областях науки прославился Роберт Бойль? Какие открытия он сделал?
- 14.52. Какие важные химические открытия были сделаны в XVII в.? Кто их сделал?

15. На стыке философии с наукой (от Ферма до Лейбница)

Европейский научный взрыв XVII в. можно сравнить с той познавательной революцией, которая началась в Элладе во времена Фалеса и Пифагора. В таких условиях неизбежен расцвет натурфилософии, хотя бы кратковременный. Он происходит там, где оказываются бессильны и точные математические расчеты, и самые тонкие эксперименты.

Для эллинов VI—IV вв. до н. э. такой областью было все естествознание. В нем упражняли свою интуицию Пифагор и Анаксимандр, Демокрит и Платон, Гераклит и Аристотель. В XVII в. область натурфилософских поисков значительно сузилась под натиском матема-

тики и экспериментальной науки. Но все же между точным знанием и полным незнанием оставался немалый зазор: в него устремились самые отважные и подготовленные умы той эпохи.

Пьер Ферма́ не мог довольствоваться теми задачами геометрии и арифметики, которые допускают строгое и окончательное решение. Например, игра в кости или в карты: можно ли заранее оценить шансы на выигрыш каждого из соперников? Если эта задача ставится на языке арифметики, то у нее должно быть арифметическое решение!

В итоге многих мысленных экспериментов с числами и фигурами Ферма́ и его парижский коллега Паскаль открыли простейшие законы *исчисления вероятностей*. В этой области обнаружили корректные и *некорректные* задачи, осмысленные и бессмысленные определения. Строгое решение некоторых задач потребовало методов математического анализа, но и этот арсенал не всегда оказывался достаточным. В конце XVII в. братья Якоб и Иоганн Бернулли научились работать с бесконечным *пространством элементарных событий* и нашли первую формулировку *закона больших чисел*. Однако до создания строгой и полной теории вероятностей было еще далеко.

Тем временем Ньютон погрузился в основы теоретической физики и понял, как многое ему еще непонятно. Например, каждая природная *сила* (будь то тяготение, электричество или магнетизм), вероятно, передается от тела к телу посредством некоей *сущности*, из чего бы эта сущность ни состояла. Простейшим примером сущности кажется *свет*, но передает ли он от Солнца к Земле какую-либо силу, или только теплоту? И как связана теплота с силой?

А вот обратная задача: чем *различаются* между собою те сущности, которые передают от тела к телу тяготение, электрическую и магнитную силы? Совпадать они не могут, поскольку любые массы притягиваются друг к другу, а одинаковые заряды или полюсы магнита отталкиваются друг от друга. Почему мы наблюдаем в природе только эти три разновидности сил? Не потому ли, что вакуум, разделяющий природные тела, пронизаем лишь для сущностей, имеющих определенные свойства?

Для ответа на такие вопросы нужно изобрести какую-нибудь *модель вакуума*. Ньютон придумал несколько таких моделей, но он не мог согласовать ни одну из них с природными явлениями и не хотел публиковать незрелые *гипотезы* вместо строгих *принципов* природы. В отчаянии Ньютон пытался черпать необходимые сведения о вакууме даже из Священного Писания. Видимо, он надеялся, что свойства

единого вакуума как-то связаны с характером единого Бога. Но эти надежды привели Ньютона не к новым научным открытиям, а лишь к еретическим гипотезам, о которых он предпочел молчать.

Соперник Ньютона — Лейбниц не боялся измышлять и возглашать новые гипотезы. По образованию он был философом и логиком, по опыту работы — дипломатом, историком и лингвистом. В итоге Лейбниц привык к *многозначности смыслов* одного слова в разных языках, даже родственных между собой. И вот Лейбниц придумал *монаду* — нечто вроде атома или точки, но бесконечно сложное внутри себя! Попадая в разные внешние условия, монада проявляет разные свойства: она может стать точкой или числом, частицей или волной, глаголом или существительным.

Если открыть общие законы *исчисления монад*, то удастся построить машину, способную не только к арифметическим или логическим, но к любым умственным операциям! Мысль об *искусственном разуме* не раз приходила в голову Лейбницу, но опыт дипломата подсказывал ему, что столь смелую гипотезу лучше не доверять бумаге. Все же Лейбниц первым из европейцев приблизился (не ведая о том) к китайской модели мира, составленной из иероглифов с переменным смыслом.

Кстати, Лейбниц первый высказал гипотезу об общем происхождении всех «индоевропейских» языков — от латыни и немецкого до персидского и хинди. Но в конце XVII в. мало кто из просвещенных европейцев был готов признать темнокожего индийца своим братом по языку, хотя бы и троюродным. Только Лейбниц посмел стать одновременно наследником мыслей лингвиста Панини и богослова Луллия, философов Аристотеля и Конфуция. Но кто-то должен был совершить этот шаг, облегчив задачу последователям...

Неожиданным единомышленником Лейбница оказался его старший современник Томас Гоббс. Ученик Галилея, физик по складу ума и роялист по убеждениям, он волею случая стал учителем математики у принца Чарльза, будущего короля Карла II. В начале гражданской войны королевская семья уехала во Францию. Гоббс сопровождал своего питомца, зорко следя издали за развитием Английской революции. Потом принц вырос, перестал нуждаться в учителях и занялся политикой. Его попытка высадиться в Шотландии и вернуть себе отчий трон завершилась полным провалом. Придя к выводу о прочности республиканского режима в Англии, Гоббс решил вернуться на родину, приняв амнистию от нового диктатора

Кромвеля, и продолжить изучение английской политики изнутри. Но перед этим в 1651 г. Гоббс опубликовал свою главную книгу «Левиафán».

В ней изложена модель общества, которое состоит не только из людей, но также из безличных природных сущностей — *левиафанов*. В Библии это слово обозначает морское чудовище — кита, а Гоббс обозначил им любое общественное учреждение: державу, церковь, политическую партию и т. п. Человек устроен так, что всегда поклоняется и подчиняется какому-нибудь левиафану, но иногда группа людей вдруг меняет привычного идола на другого левиафана, ради более комфортного существования. Каждая такая перемена связана со вспышками страстей, но она регулируется экономическими процессами и в принципе доступна математическому расчету.

Известно, что Гоббс посещал заседания Королевского общества. Там он слышал сообщения об открытиях Левенгука и сам мог наблюдать в микроскоп кишение крохотных чудовищ в капле воды или слюны. Сравнил ли Гоббс этих крошек-левиафанов, процветающих *внутри человека*, с открывшимися его разуму политическими левиафанами, подчиняющими человека *извне*? Мы не знаем ответа на этот вопрос, но если не сам Гоббс, то многие из его современников проводили такую аналогию. Лейбниц пытался установить связь между воображаемыми монадами, реальными государствами и языками, а также наглядными, хотя и загадочными микробами. Но довести эти интуитивные аналогии до строгих научных рассуждений в XVII в. не умел никто. Только в конце XVIII в. английский экономист Адам Смит придумал первое из возможных *исчислений*, описывающих поведение державы-левиафана: *политэкономия*. Одновременно французские революционеры начали дерзкий и сознательный эксперимент по *управлению* своим державным левиафаном. Но это была уже совсем иная эпоха.

Время молодых академиков (год 1672)

Два века прошло с тех пор, как немец Мюллер из Кенигсберга (Регiomонтан) провел первое научное наблюдение кометы на земном небе. Сто лет спустя Тихо Браге так же тщательно наблюдал сверхновую звезду — и описал ее в книге, не сумев измерить расстояние до странного нового светила. Зато расстояние до своей кометы Браге из-

мерил точно — по старому методу Гиппарха. Оно оказалось *переменным* — так что эта гостя приходила к Солнцу издалека, минуя дальние планеты. Быть может, она еще вернется? Поживем — увидим.

А пока два удачных парижских астронома — Джованни Кассини и Жан Рише наблюдали положение Марса среди звезд одновременно: из Парижа — и из Гвианы, что лежит близ экватора Земли. Столь большое расстояние между наблюдателями позволило им измерить иллюзорный сдвиг не очень далекого Марса на фоне очень далеких звезд. Получился точный ответ: от Земли до Марса не меньше 120 миллионов миль! То есть в промежутке между этими планетами в пору их сближения уложатся не более двух тысяч земных шаров! А между Землей и Луной — всего 30 шаров: это знали еще Гиппарх и Птолемей. Сколько таких шариков уложатся между Солнцем и ближайшей к нему яркой звездой — Вегой, или Денебом, или Сириусом? Кто и когда измерит годовые параллаксы этих звезд — как Гиппарх измерил суточный параллакс Луны?

Это никому не известно. Но маститый Христиан Гюйгенс и молодой Исаак Ньютон уверены, что межзвездные расстояния в тысячи раз превосходят межпланетные. Чем их станут мерить астрономы грядущего века? Может быть, *временем* полета светового луча — если кто-либо сподобится измерить скорость света? Ньютон и Гюйгенс уверены, что это можно сделать по каким-нибудь косвенным наблюдениям астрономов. Быть может, такие наблюдения кто-то уже провел — но еще *не* понял, как из них вывести скорость света? Быстро растут успехи и надежды астрономов в год столетия сверхновой звезды... А что творится в королевстве математиков?

Здесь новая алгебра числовых функций и их производных — ее уже назвали анализом функций — потеснила давнюю алгебру чисел и геометрию евклидовых фигур: окружностей и гипербол, шаров и параболоидов. На новый взгляд Ньютона, главные фигуры в природе — это графики разных функций и все то, что из них можно построить. Задать функцию можно многочленом — обычным или бесконечно длинным, лишь бы его коэффициенты быстро убывали с ростом степеней числовой переменной!

Так давно знакомая еще грекам синусоида оказалась старшей сестрой любого многочлена и младшей сестрой экспоненты — той новой хозяйки в мире функций, что выросла из старой геометрической прогрессии. Напротив, уважаемый гармонический ряд дробей порождает логарифмы любых чисел. Этот факт предугадал еще Архимед; а те-

перь его удачно применили Джон Валлис и Вильям Броункер — первый и второй президенты Королевского общества в Лондоне.

Исаак Ньютон только что избран в это Общество. Не столько за свои колдовские приемы в работе с функциями, сколько за изобретение и изготовление первого телескопа с зеркалом — вместо линзы. Оно ведь из бронзы, а она стеклянная: всякий мастер знает, с чем легче работать! Теперь телескопы станут более зоркими и дешевыми, чем при старом Галилее и при молодом Гюйгенсе: это очень нужно для изучения планет и звезд.

Впрочем, для Ньютона и Гюйгенса звездное небо — не основной объект изучения, а скорее экспериментальная площадка для физиков-теоретиков. Этим знатокам важнее те законы, которым повинуются небесные тела в своем движении и в иных проявлениях. Например: Солнце светит на Землю. Из чего состоит этот свет? Из очень легких частиц — как думает механицист Ньютон? Или это поток волн — как полагает Гюйгенс, поборник математической красоты?

Каждая из двух моделей позволяет ее автору объяснить качественно (и иногда — даже рассчитать) все хорошо известные световые явления — включая преломление света в воде или стекле. Впрочем, пока никто не измерил скорость света в разных средах; может ли такое измерение внести ясность в великий спор Ньютона с Гюйгенсом? Бог весть... А пока оба героя не склонны обострять свой научный спор до личного конфликта: это — удел недоучек!

Есть еще одно почти не тронутое и совсем не понятое уголке физических явлений: электрические и магнитные силы, которые действуют на многие (или на все?) природные тела. Почему в природе есть два противоположных друг другу сорта электрических зарядов? И почему заряды одного сорта *отталкивают* друг друга — в отличие от одинаковых масс, которые тянутся друг к другу? (Все эти чудеса недавно узнал Отто Герике — неутомимый глава Магдебурга.) Как можно описать этот новый круг явлений на языке математики — в духе заветов Галилея?

С магнитами еще страннее. Все они подобны друг другу — но каждый имеет *два* разных полюса, их невозможно отделить друг от друга. Это похоже на поведение разных зарядов — но почему-то мы *не* видим в природе разных магнитных зарядов! Может быть, не там их ищем, где следует? В любом случае умному физика ясно, что между электричеством и магнетизмом есть некая сложная и глубокая связь. Кто и как сумеет ее выразить на языке математики?

Возможна ли неведомая даже Ньютону и Гюйгенсу алгебра зарядов, объединяющая все заряды, магниты и массы в цельное семейство физических понятий? Об этом не смеют публично рассуждать ни маститый классик Гюйгенс, ни молодой герой Ньютон.

Кстати: всемирны ли силы электричества и магнетизма? Вильям Джилберт давно уподобил Землю огромному магниту. Если так, то и другие планеты, и само Солнце суть магниты. Но довольно слабые, как и Земля, — иначе магнитная сила между ними была бы различима в космосе. Так предполагал Кеплер — но астрономы этого пока не заметили.

А вот Солнце в роли магнита стоит рассмотреть! Если так, то не оно ли порождает полярные сияния, влияющие на стрелку компаса? И если действие одного магнита на другой порождает свет среди полярной ночи, то не указывает ли это на прямую связь света с магнитной силой? Будь Ньютон или Гюйгенс авантюристами вроде Кеплера, они наверняка объявили бы о такой гипотезе на весь свет! И, вероятно, сели бы в лужу. Нет, такое поведение недостойно настоящих физиков! Но подумать об этом стоит; особенно о поиске неделимых частиц света — или магнитной силы, или ее электрической сестры...

По этой причине очень нужна научная экспедиция в приполярные страны: в Скандинавию, Россию или Канаду. Не только зимой — для изучения полярных сияний, но и летом — для точного измерения формы земного шара. Теория Ньютона предсказывает, что возле полюсов этот шар слегка сплюснен — вроде репы или яблока. Но наследники Декарта твердят обратное: что земной шар вытянут вдоль оси своего вращения, как лимон. Словесные аргументы здесь бессильны. Нужно точно измерить дугу в 1 градус земного меридиана вблизи полюса и вблизи экватора. И сравнить эти длины: какова разница? Это знание важно для географии и для астрономии. Но готово ли молодое Королевское общество оплатить такую экспедицию — хотя бы вместе с Адмиралтейством? Сейчас, во время войны с Голландией — вряд ли. Да и в Париже авторитет юной Академии наук не столь высок, как хотелось бы ученым мужам.

Оба эти учреждения суть штабы научной мысли. Они, как могут, координируют действия стихийно выросших ученых мужей, помогая всем активистам находить друг друга и строго оценивая новые результаты удачливых первопроходцев: одиноких или групповых. Например, удачный британский тандем сложился из двух Робертов:

Бойля и Гука. Первый из них — изобретательный теоретик и суровый скептик. Сейчас он занят пересмотром давних проектов Галилея в свете возрожденной атомной гипотезы Демокрита. Что, если обычный воздух и иные газы суть беспорядочные густые скопления одинаковых мелких частиц, не различимых человеческим глазом? Какие свойства этих невидимок можно рассчитать по поведению их огромных толп — густых или редких? Совсем недавно Бойль изобрел, а Гук построил задуманный Галилеем воздушный насос — точнее отсос, где создается подобие вакуума. Каковы свойства этого почти пустого пространства?

Галилей угадал верно: в разреженном воздухе внутри стеклянной трубки видно, как пушинка, щепка и дробинка падают с одинаковой скоростью. Нечему их тормозить там, где нет плотного воздуха! И колокольчик в вакууме трясется — но не звонит. Его звук *не* слышен снаружи, поскольку звук — это дрожь воздуха, порожденная столкновениями твердых тел.

Напротив, свет проходит сквозь вакуум в трубке, не изменяясь. Так и должно быть: ведь свет Солнца большую часть своего пути к Земле идет сквозь вакуум! Кстати, электрическая и магнитная силы тоже проходят сквозь вакуум беспрепятственно — как и тяготение. Возможно, между этими тремя силами есть глубинная связь. Но пока никто не угадал форму этой связи. Если это не по плечу Гюйгенсу и Ньютону — значит, время успехов придет к физикам много позже...

Но пора уже исследовать свойства разных газов — сколько их ни есть в природе. Сравнивая свойства воздуха, более или менее разреженного насосом, Бойль открыл первую закономерность. Произведение давления газа на его объем остается постоянным при неизменной температуре, которую Бойль и Гук еще не умеют точно измерить. Как будет изменяться это произведение при изменении температуры? Этот очень интересный вопрос требует создания точного термометра — хотя бы по схеме, предложенной Галилеем.

Еще одну его схему — микроскоп, обратный к линзовому телескопу — недавно сумел воплотить Марчелло Мальпиги. Он добавил внешнее освещение под объектив зрительной трубки. Ибо объекты микроскопии сами собою *не* светятся — в отличие от объектов астрономии! Вооруженный новой техникой, Мальпиги завершил работу Сервета и Гарвея. Вглядевшись в тонкую структуру мышцы, он заметил: кровь артериальная переходит в кровь венозную, *не* по-

кидая тончайших сосудов — капилляров! Идеальным объектом для такого наблюдения стало крыло летучей мыши. Это уже Роберт Гук придумал: он мастер наблюдений и изобретений!

После такого анатомического успеха умелец Гук увлекся анатомией насекомых. Рассекая их тела и разглядывая срезы под микроскопом, Гук создает новую ветвь древней анатомии. Их внутренность столь отлична от внутренностей человека, мышцы или ящерицы, что Гук ощутил себя новым Колумбом — или даже Кортесом, постигающим и покоряющим крошечные царства, видимые только в микроскоп. Они превосходят сложностью все, что видят в телескоп астрономы!

Итак, анатомия насекомых оказалась сложнее, чем география Нового Света — Америки. Насколько сложнее геологии земных недр окажется кинематика и динамика процессов, текущих в живых организмах? Похоже, что физикам и химикам работы здесь хватит на века... А пока натуралисты продолжают огромный труд, давно начатый Аристотелем и Плинием и возобновленный Геснером сто лет назад. Они классифицируют все доступные просвещенному европейцу образцы животных и растений. Смелый и упорный самородок Джон Рэй начал составлять свой каталог «Флора Англии». Он еще не подозревает, что между мхом и дубом здесь уместились тысячи разных видов растений. Сколько их окажется на всей Земле — после того, как ботаники объездят и изучат весь широкий пояс между тропиками? Миллион видов растений и животных! Такое число пугает натуралиста больше, чем астронома — миллионы миль пустоты между Землей и Солнцем. Там всего лишь вакуум, а здесь — разные сложные структуры. И они меняются со временем — как структура человеческого общества в ходе очередной революции...

В этой сфере Английская революция уже породила своего Колумба — или Веспуччи. Им стал Томас Гоббс — питомец Кембриджа, математик и учитель королевских детей. Последовав за ними в эмиграцию, Гоббс с континента изумленно следил за умственным буйством родного народа.

Почему англичане восстали против Карла Стюарта, который не был тираном? Почему они учредили Республику, казнив короля? Во имя чего победивший Парламент раз за разом раскалывается на враждующие партии — и их лидеры посылают на плаху или в тюрьму вчерашних товарищей? Можно ли различить некую систему в этом коллективном разномыслии? В юности Гоббс был близок

к «Новой Атлантиде», возглавленной ученым канцлером Бэконом. Теперь он вспомнил учение Бэкона об идолах человеческого разума — и начал строить из них идейную модель революции.

Допустим, что всякое общество держится вместе благодаря коллективному почитанию тех или иных идолов. Ими являются монархия и республика, церковь и парламент, феодальная иерархия или денежное богатство. Каждый человек в любой год или час поклоняется одним идолам, отвергает других идолов — и считает своими ближними всех людей с тем же набором обожаний либо отвержений.

Такое положение дел устойчиво, пока люди приносят своим идолам жертвы, ждут от них ответных благ — и получают их. Но вот наступает кризис: привычные идолы почему-то *не* отвечают на молитвы верующих людей. Тогда эти верующие быстро превращаются в неверующих. Они низвергают привычных идолов и очень недолго живут как атеисты. Но вскоре люди устают от жизни без веры и без друзей, где каждый безразличен своему соседу. Масса простых людей *хочет* дружить во имя некой общей ценности! Вскоре эти люди находят нового идола — и начинают молиться ему словом и делом так же истово, как молились прежним божествам. Вот и весь смысл революции!

Интересная модель: ее наверняка одобрил бы умный циник Макиавелли. Но современники Ньютона морщатся: как можно *изменить* чувства между людьми и идолами? Пока этого никто не умеет — как отличить в модели Гоббса верные гипотезы от неверных? Конечно, старый Гоббс *не* умеет ответить на такой вопрос. Ведь он родился в год разгрома Великой Армады; был знаком с Шекспиром; лицезрел славную Елизавету и ее адмиралов! Его избрали членом Королевского общества по желанию Карла II — как живой памятник давно минувшей эпохе. Но от памятника люди не ждут умных речей...

Книгу Гоббса «Левиафан» ровесники Ньютона читают как трактат по алхимии — или как задачник по истории, политике и философии этих наук. Труд Гоббса уже лег на полку рядом с книгой Макиавелли: авось будущее поколение умников научится *решать* такие задачи в уме или путем расчета — а не только ставить их! Жаль, что литературный стиль Гоббса тяжеловат — в сравнении со стилями Данте и Макиавелли. Но чего иного можно ждать от математика?

Вот и Ньютон еще не готов четко написать свою главную книгу: излагать по-своему основы новой математики и физики — взамен старых понятий Аристотеля и Декарта. Оттого молодые профессио-

налы натурфилософии поклоняются рецептам Ньютона, как новым идолам — либо отвергают их как ересь или язычество. Не скоро еще анализ флюксий и флюент станет логичным продолжением классической алгебры и геометрии! Но после такого перелома понятий натуралисты вновь обратятся к идолам Гоббса. Авось будущие математики сумеют моделировать поведение этих чудищ, оседлавших род людской!

Задачи. Серия 15

- 15.1. Какие академии наук возникли в Италии в XVII в.? Кто из известных ученых был членом этих академий?
- 15.2. Что такое «Новая Атлантида»? Кто ее возглавлял? Какие известные ученые входили в этот коллектив?
- 15.3. Какие ветви науки особенно интересовали Фрэнсиса Бэкона?
- 15.4. Как назвал Фрэнсис Бэкон свою главную книгу? Какой смысл он вложил в это название?
- 15.5. Что помешало «Новой Атлантиде» превратиться в устойчивую академию наук? Почему в 1660-е годы сходный кружок английских ученых добился такой цели?
- 15.6. Какие предрассудки, по мнению Фрэнсиса Бэкона, более всего мешают интеллектуальному прогрессу человечества?
- 15.7. Кому из античных ученых Фрэнсис Бэкон подражал в своей деятельности?
- 15.8. Чем примечательна была смерть Фрэнсиса Бэкона? Почему некоторые биографы сравнивали его с Плинием Старшим?
- 15.9. Перечислите английских ученых — участников создания Королевского общества. Какими открытиями они прославились?
- 15.10. Какова была роль Марéна Мерсéнна и Жана Пикара в возникновении Парижской академии наук? Из каких учреждений выросла эта академия?
- 15.11. Верно ли, что Ришельё и Кольбёр создали в Париже две разные академии? Какова судьба этих учреждений в наши дни?
- 15.12. Какова была разница в научных интересах Ришельё и Кольбера, судя по тем академиям, которые они создали?
- 15.13. Назовите первых президентов Королевского общества и Парижской академии наук. Каковы были научные интересы этих ученых?

- 15.14. Когда и за какие заслуги Ньютон и Лейбниц были избраны членами Королевского общества? Членами каких других научных обществ они были?
- 15.15. Какую роль в Королевском обществе играл Роберт Гук? Почему он *не* побывал на посту президента Общества? Кто еще побывал в этой роли в XVIII в.?
- 15.16. Когда в Европе появились первые газеты и первые научные журналы? Где и на каком языке они издавались?
- 15.17. Перечислите известных вам членов Парижской академии наук, живших в XVII в. Какие открытия они сделали?
- 15.18. Кто из знаменитых математиков первый стал членом *двух* прославленных академий наук? Кто — членом *трех* академий? Кто — членом *четырёх* академий? Когда это было?
- 15.19. Приведите пример *некорректной* задачи о вероятностях, которую по-разному решали математики XVII в.
- 15.20. Приведите пример задачи о вероятностях, которую математики XVII в. решали, используя арифметику пределов.
- 15.21. Какая задача о вероятностях, популярная в XVII в., использовалась для экспериментального вычисления десятичной записи числа π ?
- 15.22. Что такое *закон больших чисел*? Приведите простейшую его формулировку. Кто из математиков впервые исследовал этот закон?
- 15.23. Когда и как возник в Базеле кружок братьев Бернулли? Какими областями науки занимались его участники?
- 15.24. Ньютон интересовался философией не меньше, чем Фрэнсис Бэкон. Почему он *не* написал ни одной книги на эту тему, *не* организовал философский кружок в Кембридже или Лондоне?
- 15.25. Верно ли, что свет передает от Солнца к Земле некую силу? Кто и когда впервые сумел измерить эту силу?
- 15.26. Какие явления в Солнечной системе объясняются той силой, которую передает свет?
- 15.27. Чем различаются в физике XX в. те «сущности», которые передают от тела к телу тяготение и электромагнетизм? Кто и когда первый предложил разные модели этих сил и сущностей?

- 15.28. Чем различались воззрения Ньютона и Лейбница на вакуум и свет? Связывались ли ими эти воззрения в единую модель?
- 15.29. Много ли общего между *монадой* Лейбница и современной физической моделью фотона?
- 15.30. Много ли общего между *монадой* Лейбница и современной физической моделью электрона?
- 15.31. Кто и когда впервые представил *атом* моделью, похожей на *монаду* Лейбница? Какие открытия были сделаны на основе этой модели?
- 15.32. Кто и когда впервые представил *ядро атома* моделью, похожей на *монаду* Лейбница? Какие успешные предсказания были сделаны на основе такой модели?
- 15.33. Кто и когда впервые представил вакуум как «океан», заполненный невидимыми монадами? Существование каких новых частиц было предсказано на основе этой модели?
- 15.34. Приведите примеры монад, превращаемых друг в друга, в области *лингвистики*. Какие из этих примеров мог рассматривать Лейбниц?
- 15.35. Приведите примеры монад, превращаемых друг в друга, в области *политики*. Кто из античных ученых впервые рассматривал такие переходы?
- 15.36. Приведите примеры монад из области китайских иероглифов. Какие из них рассматривали Лао-цзы и Конфуций?
- 15.37. Какие превращения монад (или левиафанов) могли наблюдать Лейбниц и Гоббс в ходе Английской революции?
- 15.38. Кто из ученых впервые заметил монады в биосфере? Когда это было? Какие разделы биологии выросли из этого наблюдения?
- 15.39. Наблюдаются ли монады в процессе развития науки? Приведите примеры.
- 15.40. В какой области науки превращения монад друг в друга легче всего связать с переходами энергии из одной формы в другую? Приведите примеры.
- 15.41. Составьте отзыв о научном творчестве историка Аристотеля от лица Гоббса или Лейбница.
- 15.42. Составьте отзыв о творчестве историка Макиавелли от лица Гоббса.

- 15.43.** Составьте отзыв о научном и философском творчестве Ньютона от лица Лейбница или Гоббса.
- 15.44.** Составьте отзыв о научном и философском творчестве Гоббса или Лейбница от лица Ньютона.
- 15.45.** Составьте отзыв о творчестве политика Конфуция или историка Сыма Цяня от лица Лейбница или Гоббса.
- 15.46.** Перечислите известных вам европейских ученых, которые работали одновременно — около 1610, 1640, 1670 или 1700 г. Где они работали? Кто из них над чем работал в эти годы?

РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ И КОММЕНТАРИИ

К ТЕКСТАМ С ОШИБКАМИ

1. Рождение греческой науки (Фалес и Анаксимандр)

1.1. Первая египетская пирамида была построена в XXVIII в. до н. э. — за 22 столетия до Фалеса. Ее главный архитектор — Ёмхотеп — был жрецом бога Ра и министром фараона Джосера. Он также прославился как астроном и врач, а после смерти был объявлен богом. Самые большие пирамиды (фараонов Хеопса, Хафра́ и Менкаура́) построены примерно через 100 лет после пирамиды Джосера.

1.2. Главное условие удачной постройки — идеальная *форма* каменных блоков (прямоугольных параллелепипедов). Следовательно, нужно уметь точно измерять углы между гранями блока и длины его ребер. Далее необходимо рассчитывать *вес* каменных глыб, граненых или бесформенных, а для этого точно или приближенно вычислять объемы многих тел — прежде всего призмы и пирамиды. Формулы площадей прямоугольников и треугольников нужны при расчете боковой поверхности пирамиды, для расчета необходимого числа блоков ее облицовки.

1.3. Египтяне располагали мерными веревками, разбитыми на отрезки длиной в 1 локоть. Их использовали в качестве линеек и циркулей. Таким способом египтяне могли приближенно измерить длину любого отрезка (путем многократного деления его пополам), провести биссектрису любого угла и приближенно измерить его, а также построить прямой угол, равносторонний треугольник и т. д.

1.4. Троянская война происходила, видимо, на рубеже XIII—XII вв. до н. э. — через пятнадцать веков после постройки пирамид, чуть позже правления фараона Рамзеса II, в период правления его сына Меренпта́ и внука Сети II. Царство хеттов, с которым воевал Рамзес II, к этому времени распалось, а победившие его «народы моря» (в их числе финикийцы, ахейцы и филистимляне) вторгались во владения Египта на восточном берегу Средиземного моря. Егип-

тяне были вынуждены отражать их набеги. Это удалось фараону Рамзесу III около 1150 г. до н. э.

1.5. Важнейшие греческие новинки VIII в. до н. э. — это дальнее мореплавание и основание первых заморских колоний (раньше всего — в Италии), а также изобретение алфавита, включающего гласные буквы. Одновременно шло культурное объединение Эллады (через религиозные мистерии и Олимпийские игры); приобрели популярность поэмы Гомера, записанные с помощью алфавита.

1.6. Финикийцы передали многим народам Средиземноморья высшие достижения цивилизации Двуречья (Вавилонии). Среди них: слоговое, а затем алфавитное письмо и письменные законы, регулирующие деятельность граждан полиса. Кораблестроение и дальнейшее мореплавание (с ориентацией по звездам) финикийцы изобрели самостоятельно.

1.7. Древнейшие города Эллады — это Афины, Микены, Коринф, Пилос и Кнос, все они существовали до Троянской войны. После нее, в эпоху переселения народов (до Гомера), возникли Фивы в Беотии, Эфес и Милет в Ионии, Херсонес Фракийский, Византий на Босфоре и Спарта (в IX в. до н. э.). Еще позже (с середины VIII в. до н. э.) возникают колонии: Неаполь и Тарент в Италии, Массалия в Галлии, Кирена в Ливии, Навкратис в Египте; Ольвия, Херсонес Таврический и Пантикапэй в Черноморье.

1.8. Самый яркий анахронизм у Гомера — Менелай, царь Спарты, которая возникла лишь в IX в. до н. э. В это же время образовались Фивы — родина Елены Троянской.

Видимо, Гомер сочинил свои поэмы в VIII в. до н. э., когда сравнительно юная Спарта казалась ахейцам современницей древних Афин, Микен и Пилоса. Через четыре-пять столетий после Троянской войны Гомер не мог избежать таких ошибок.

1.9. Видимо, в эпоху дальних плаваний и заморской колонизации эллины хотели видеть своих пращуров подобными себе мореходами и завоевателями. Гомер выбрал ту эпоху, когда ахейцы впервые вышли из балканской глубинки к морю и начали грабительские набеги на прибрежные города.

1.10. Например, расстояние от Пилоса (на западном берегу Пелопоннеса) до Трои (на берегу пролива Дарданеллы) в 3–5 раз меньше, чем расстояние от Пилоса до любой из греческих колоний в Крыму или до Массалии (Марселя) на южном берегу Галлии.

1.11. Расстояние между самыми дальними колониями греков в Черноморье и Галлии (от Херсонеса Таврического до Массалии) примерно в 10 раз короче морского пути вокруг Африки — из восточного рукава Нила через древний Суэцкий канал и Красное море, затем вокруг полуострова Сомали, потом на юг вдоль восточного берега Африки — до мыса Доброй Надежды, и на север — вдоль западного берега Африки, до Гибралтара и Карфагена.

1.12. Фараон Нехо предполагал, что путь вокруг Африки может оказаться значительно короче, чем прямой путь сквозь Средиземное море, где кишели греческие пираты — конкуренты финикийских мореходов, подвластных фараону. Реальный срок плавания финикийцев вокруг Африки (около трех лет) убедил их и фараона, что этот путь практически бесполезен.

1.13. Этот процесс начался в VII в. до н. э. и отражен в письменных законах греческих полисов. Наиболее ранние из сохранившихся законов были приняты в городе Локры, затем в Афинах.

1.14. Если Гомер жил в начале или середине VIII в. до н. э., то он был современником фараонов Шешонка V или Осоркона IV из Ливийской династии; ассирийских царей Ашшур-дана III, Ашшур-нерари V или Тиглатпаласара III, а также вавилонских царей Набу-шум-ишкуну и Набу-насара и библейского пророка Исайи.

Вавилонские жрецы начали в это время непрерывное летописание со сквозной нумерацией лет (а не по годам правления царей). В Китае в это время царство Чжоу (возникшее вскоре после Троянской войны) распалось на княжества, в которых расцвели различные школы философов и юристов. Там с IX в. до н. э. шло регулярное летописание и существовал свод письменных законов.

Гомер, видимо, не знал даже имен восточных царей своего времени, хотя слышал об их державах.

1.15. Около 625 г. до н. э. сильнейшей державой Ближнего Востока оставалась Ассирия (где только что умер царь-грамотей Ашшур-банапал). С ней соперничали Вавилония, Египет, Мидия и кочевая держава скифов. В конце жизни Фалеса (550 г. до н. э.) Ассирия была давно уничтожена мидянами и вавилонянами. Скифы были изгнаны мидянами с Ближнего Востока; началось усиление Персии — рядом с Мидией.

1.16. Современники Фалеса — египетские фараоны Нехо II и его сын Псамметих II, царь Мидии Астиаг, вавилонские цари Набопала-

сар и его сын Навуходоносор (Набу-кудурри-уцур) II. В это время в Иерусалиме правил царь Седекия и проповедовал пророк Иеремия.

1.17. Младшие современники Фалеса: политик Солон в Афинах, натурфилософ и географ Анаксимандр в Милете, геометр и астроном Анаксимен в Милете.

1.18. Современниками Фалеса были, видимо, первые римские цари: Ромул и Нума Помпилий или Анк Марций и Тарквиний Старый.

1.19. Современники Фалеса: пророк Заратуштра в Персии и натурфилософ Лао-цзы в Китае. На основе древних мифов Ирана Заратуштра создал религию огнепоклонников, верховным богом-творцом в которой считался Ахурамазда, а богом-разрушителем — Ариман. Тогда же Лао-цзы изложил в книге «Дао Дэ цзин» систему мира, не включающую человекоподобных богов, но основанную на природных стихиях: универсальном законе развития (Дао) и движущей это развитие силе (Дэ).

1.20. Все большие города Эллады в эту эпоху — торговые центры, т. е. приморские гавани. Крупнейшие из них: Милет, Эфес и Галикарнас (в Ионии), Сиракузы на Сицилии. Иония была торговым мостом между новым греческим миром и древними царствами Ближнего Востока (Лидией, Вавилонией). Сицилия была таким же мостом между Элладой, Карфагеном и Италией.

1.21. Ионийские греки теснее всего общались с купцами и мудрецами из древних царств Ближнего Востока.

1.22. Видимо, молодой Фалес видел только одно чудо света — великие пирамиды в Египте. «Сады Семирамиды» в Вавилоне были построены при его жизни, но позже — около 580 г., в правление царя Навуходоносора (Набу-кудурри-уцура) II. Статуя Зевса в Олимпии появилась в середине V в. до н. э., а все прочие греческие чудеса — еще позже, в эпоху эллинизма.

1.23. Скорее всего, Фалес использовал пропорциональность сторон двух подобных треугольников. Один составлен из высоты пирамиды Хеопса и из тени, отбрасываемой этой пирамидой. Другой составлен из палки, воткнутой в песок рядом с пирамидой, и из тени от этой палки.

1.24. Фалес, несомненно, узнал от египтян формулу объема пирамиды. Но вряд ли он знал какое-либо обоснование того, почему

в этой формуле стоит коэффициент $1/3$ (вместо коэффициента $1/2$, как в сходной формуле площади треугольника).

1.25. Это легкая задача для современного школьника.

1.26. Речь идет о построении треугольника по стороне и двум углам, прилежащим к ней, а затем о нахождении высоты этого треугольника. Так работает оптическая стереотруба.

1.27. Фалес умел строить правильный треугольник и квадрат, вписанные в окружность. Он мог, проводя биссектрисы углов, удвоить число сторон правильного многоугольника. Но строить правильный пятиугольник Фалес не умел.

1.28. Градусная мера углов была давно известна в Вавилоне, и Фалес ее, несомненно, знал. Но построить угол, меньший 15 градусов и измеряемый целым числом градусов, Фалес не мог (для этого нужно уметь строить правильный пятиугольник).

1.29. Эти два неравенства Фалес, конечно, знал: они вытекают из сравнения длины окружности с длинами вписанного правильного шестиугольника и описанного квадрата. Но Фалес наверняка не мог дать корректное *определение* длины окружности, так что эти оценки оставались гипотезами.

1.30. Жрецы Древнего Востока, наблюдая затмения Солнца и Луны, обнаружили периодичность в их чередовании — с интервалом около 19 солнечных лет (или 235 лунных месяцев). Поэтому они могли предсказывать *сроки* затмений на много лет вперед, но не могли точно предсказать наибольшую *фазу* затмения, наблюдаемую в данной точке Земли.

1.31. Анаксимен предположил, что Луна и Солнце — шары, движущиеся в одной плоскости, причем Луна и Солнце имеют равные диаметры, а Земля гораздо больше их.

1.32. Внешняя граница лунного серпа — половина окружности. Но внутренняя его граница — половина *эллипса*, который получается вследствие наклона плоскости, разделяющей освещенное и темное полушария Луны, по отношению к лучу зрения земного наблюдателя.

1.33. Пепельный свет на части Луны, не освещенной Солнцем *прямо*, происходит от ее освещения *отраженным* от Земли светом Солнца. Отраженный свет наиболее ярок, когда соответствующая часть Земли (по отношению к Европейской России — это Тихий оке-

ан) закрыта *облаками*. У них коэффициент отражения выше, чем у суши или воды.

1.34. Анаксимандр знал (по рассказам путешественников) области Земли до Геркулесовых столбов на западе, до Инда на востоке, до Каспия и гор Урала на севере, до Судана на юге. Понимая, что Земля — выпуклое тело, он считал ее близкой к *цилиндру* с осью «запад-восток». Из этой модели ясно, что Анаксимандр не помышлял о *вращении* Земли вокруг ее оси.

1.35. Видимо, первые измерения *пересечения* тела Земли с плоскостью *меридиана*, проведенного через реку Нил, произвел александриец Эратосфен около 250 г. до н. э. Изучить *экваториальное* сечение Земли античные ученые не сумели. В шарообразность Земли греки поверили раньше — в эпоху Пифагора, который считал шар самой совершенной фигурой.

1.36. Эллины знали семь металлов (золото, серебро, медь, олово, свинец, ртуть и железо), а также углерод и серу. Все эти металлы еще вавилоняне сопоставили со своими богами, небесными светилами и днями недели. Это соответствие отразилось в названиях дней недели во многих европейских языках. Например:

Sunday	(день Солнца — воскресенье),
Monday	(день Луны — понедельник),
Saturday	(день Сатурна — суббота) в английском языке.

Или:

Mardi	(день Марса — вторник),
Mercredi	(день Меркурия — среда),
Jeudi	(день Юпитера — четверг),
Vendredi	(день Венеры — пятница) во французском языке.

Солнцу соответствовало золото, Луне — серебро, Меркурию — ртуть, Венере — медь, Марсу — железо, Юпитеру — олово, Сатурну — свинец.

1.37. Эллины считали, что основных стихий четыре: земля, вода, воздух и огонь. Видимо, разница в *агрегатном состоянии* вещества казалась эллинам важнее, чем различие между «камнями».

Китайцы считали, что основных стихий пять: земля, вода, огонь, дерево, металл, то есть они выделяли одну «живую» и одну «искусственную» стихию.

1.38. Современная физическая картина мира включает четыре вида взаимодействий между элементарными частицами материи; каждое из них передается квантами — *бозонами* особого рода (фотонами, *W*-бозонами, глюонами или гравитонами). Элементарные частицы материи (*фермионы*) делятся на три семейства, в каждое из которых входят частицы двух типов: кварки и лептоны; всего 37 квантов разных полей, разделенных на шесть разновидностей согласно их симметрии.

1.39. Для обозначения простейшей природной стихии физики и химии употребляли два слова: «вакуум» и «эфир»; каждое из них имело много разных смыслов. Сейчас слово «эфир» осталось только в химии, где оно обозначает узкий класс органических соединений. Слово «вакуум» осталось в физике как обозначение пространства, в котором отсутствуют наблюдаемые частицы.

1.40. «Стайхейя» — греческое название книги Евклида «Начала» (по латыни она называется «Элементес»). Книга создана около 300 г. до н. э. и представляет собой первый в мире учебник геометрии, в котором эта наука изложена в логической последовательности, начиная от ее основ.

Первое русское издание книги «Начала» появилось в конце XVIII в.

2. Диалог арифметики, геометрии и астрономии (от Пифагора до Анаксагора)

2.1. В Афинах — сначала реформатор-аристократ Солон, потом популярный тиран Писистрат, затем его непопулярные сыновья (Гиппий и Гиппарх), потом реформатор-демократ Клисфен.

В Спарте — царь Клеомен I, пытавшийся остановить реформы Клисфена в Афинах.

На острове Самос — тиран Поликрат, с которым не поладил Пифагор.

2.2. Младшими современниками Пифагора были последние цари Рима (Сервий Туллий и Тарквиний Гордый), а также первые республиканцы (Луций Брут и Валерий Публикола) и их враг — царь этрусков Порсенна.

2.3. В Персии — ее первый царь Кир, потом его сын Камбиз; потом заговорщик Бардия, затем его убийца — царь Дарий I.

В Мидии — ее последний царь Астиаг, побежденный Киром.

В Вавилоне — последние цари-халдеи: Набонид и Валтасар (побежденный Киром).

В Египте — фараоны Яхмос II и Псамметих III, свергнутый Камбизом.

2.4. В Индии: Сидхárта Гаутáма (Будда) — создатель этической философии (буддизма), позднее превращенной в мировую религию. В Китае: Кун Цю (Конфуций) — государственный деятель и философ, создатель политической философии, которая позднее заменила в Китае государственную религию. В Китае тогда жил также Лао-цзы — первый натурфилософ Дальнего Востока. К сожалению, синхронные античные мудрецы Эллады, Индии и Китая не успели узнать о существовании и открытиях друг друга.

2.5. В 40 лет Пифагор покинул родной остров Самос, не желая жить под властью тирана Поликрата. Переселившись в город Кротон (в Италии), он создал там ученое сообщество, стремившееся стать правящей партией. Не сумев удержать власть в Кротоне, Пифагор с учениками покинул город. Позднее он пытался захватить власть в итальянском городе Таренте, но потерпел неудачу и погиб.

2.6. Фалес умел опустить на прямую перпендикуляр из точки, лежащей вне прямой. Он мог также использовать египетский рецепт: треугольник с длинами сторон 3, 4, 5 — прямоугольный.

Пифагор уже знал, что любой угол, вписанный в окружность и опирающийся на ее диаметр, прямой.

2.7. Пифагор первый научился строить циркулем и линейкой правильный *пятиугольник*. Он также первый изучил правильный *додекаэдр* (Фалес знал только куб, тетраэдр и октаэдр). Не ясно, знал ли Пифагор о существовании правильного *икосаэдра* или эту фигуру впервые изучили ученики Платона через 200 лет после Пифагора.

2.8. Простейшее доказательство в рамках наглядной геометрии таково: квадрат со стороной длины $a + b$ можно разбить на два малых квадрата со сторонами a и b и еще четыре прямоугольных треугольника с катетами a , b . В тот же квадрат можно вписать квадрат со стороной c так, что к каждой стороне этого квадрата прилегает треугольник с гипотенузой c и катетами a , b . Сравнивая площади фигур, участвующих в этих двух разбиениях, мы получаем равенство $c^2 = a^2 + b^2$.

Другое доказательство — алгебраическое: формула Пифагора выводится из того, что длина каждого катета равна корню квадратному из произведения гипотенузы и проекции этого катета на гипотенузу.

Оба эти доказательства Пифагор считал неудачными, поскольку первое ведется на языке площадей, а второе — на языке уравнений. Корректное доказательство, по мнению Пифагора, должно вестись на том же наглядно-геометрическом языке, на котором сформулирована теорема.

2.9. Кроме «египетского» решения (3, 4, 5), Пифагор, видимо, знал следующие небольшие решения: (5, 12, 13); (8, 15, 17); (7, 24, 25). Их легко найти, составив таблицу квадратов целых чисел и вычитая из больших квадратов меньшие, пока разность каких-то квадратов сама не окажется квадратом.

2.10. Общее решение таково: $z = a^2 + b^2$; $x = a^2 - b^2$; $y = 2ab$, где a, b — взаимно простые числа разной четности. Но доказать, что любое решение уравнения Пифагора пропорционально одной из таких троек (x, y, z) , довольно трудно, особенно если не владеть алгебраическими обозначениями (которых эллины не знали). Доказать этот факт сумел только Диофант в Александрии в III в. н.э., через семь или восемь веков после Пифагора.

2.11. Если три числа связаны соотношением $a^2 + b^2 = c^2$, то треугольник с длинами сторон a, b, c — прямоугольный. Как эту теорему доказывал Пифагор, мы не знаем. Известное нам доказательство этого факта таково: построим прямоугольный треугольник с катетами a, b и сравним его с исходным треугольником со сторонами a, b, c . Гипотенуза построенного нами прямоугольного треугольника равна c по *прямой* теореме Пифагора. Значит, этот прямоугольный треугольник *равен* исходному треугольнику по трем сторонам a, b, c . Поэтому исходный треугольник тоже прямоугольный.

2.12. Возьмем равнобедренный прямоугольный треугольник с катетом длины 1. Ясно, что квадрат его гипотенузы равен 2. Но квадрат *рационального* числа не может быть равен 2 — это следует из единственности разложения целых чисел на простые множители.

2.13. Пифагор считал недопустимым *арифметическое* доказательство геометрической теоремы. Поэтому он придумал геометрическое доказательство, рассматривая подобные прямоугольные треугольники, гипотенузы которых лежат либо на катете, либо на гипотенузе исходного равнобедренного треугольника.

2.14. Пифагор был недоволен и даже напуган своей неспособностью решить эту проблему — придумать общую теорию рациональных и иррациональных чисел (или отрезков). Поэтому он *запретил* своим ученикам сообщать эти факты кому-либо постороннему до тех пор, пока сами пифагорейцы не разберутся в проблеме несоизмеримых отрезков. Так блестящая и глубокая математическая проблема была искусственно выведена из широкого научного обсуждения. Не удивительно, что ее решение было найдено лишь через 200 лет после Пифагора, когда его научная школа утратила лидерство в Элладе.

2.15. Пифагор, видимо, умел доказывать (геометрически, через подобие треугольников), что *квадратный* корень из любого простого числа — иррациональное число. Во всяком случае, это умел делать геометр Тэтет, живший через 200 лет после Пифагора.

Пифагор мог предположить, что *кубические* корни из простых чисел также иррациональны. Но он не знал формул, которые позволяют доказать такое утверждение. Первые доказательства такого рода нашли позднее Тэтет и Евдокс (ученики Платона).

2.16. Пифагор рассматривал числа как *длины* отрезков или как *отношения* таких длин. отождествить число с точкой на луче или на прямой не решались ни Пифагор, ни даже Евдокс и Тэтет.

2.17. Строить треугольник по трем медианам пифагорейцы умели, поскольку эта задача решается через пропорцию отрезков: медианы делятся точкой их пересечения в отношении $1 : 2$, а искомым треугольником строится с помощью треугольника, стороны которого равны третям данных медиан.

Построение треугольника по трем высотам включает пропорцию *длины* отрезка с *площадью* треугольника. Для пифагорейцев эти величины были «разного ранга», и такое решение казалось им неестественным.

2.18. Пифагор *экспериментально* обнаружил связь между *высотой* музыкального тона, издаваемого струной либо флейтой, и *длиной* этой струны или флейты. Затем он обнаружил, что *совместное* звучание нескольких струн или флейт кажется человеку «гармоничным», только если длины этих струн или флейт находятся в простом *рациональном* отношении. Так Пифагор открыл первый закон *математической физики* и предположил, что все законы физики имеют такую же природу.

2.19. Пифагор знал, что простые числовые пропорции — основа гармонии среди математических рассуждений или среди звуков, издаваемых музыкальным инструментом (флейтой или арфой). На этом основании Пифагор предположил, что *любой* мировой закон отражает «гармонию» природы и выражается *числовой пропорцией*. Доказать такое утверждение Пифагор, конечно, не мог.

Современные физики согласны с догадкой Пифагора о единой мировой гармонии. Но она проявляется не только в числовых соотношениях. Кроме них, есть соотношения *симметрии*: они выражаются через теорию *групп*. Аналитические соотношения между физическими величинами выражаются *дифференциальными* уравнениями либо *вариационными* принципами. Общим языком для всех этих соотношений является *алгебраическая топология* вместе с *алгебраической геометрией*.

2.20. Пифагор знал, что π — число, заключенное между числами 3 и $3 + 1/2$ (это понятно из сравнения периметров вписанного и описанного шестиугольников). Вероятно, более точной оценки числа π Пифагор не знал и не догадывался, что π иррационально.

Вероятно, Архимед догадался об иррациональности π . Он искал точное рациональное выражение этого числа, но нашел только рациональные границы: $3 + \frac{10}{71}$ и $3 + \frac{1}{7}$. Доказать, что π иррационально, удалось Иоганну Ламберту в 1766 г. Он уже мог использовать методы математического анализа: степенные ряды и интегралы.

2.21. Пифагор ощущал себя всемогущим мастером в математике и полагал, что все законы природы можно открыть с помощью математики. В таком случае общие философские рассуждения о стихиях теряют смысл — пусть ими занимаются те, кому не дается математика.

2.22. В школе Пифагора на первом месте были *теоретические* рассуждения о *математических* моделях природных явлений. Эксперименты и наблюдения считались второстепенным делом, ими никто не хвастался перед посторонними людьми.

2.23. В то время безбожников не было, но были вольнодумцы, не во всем согласные с мнением жрецов о деятельности богов и ее возможных пределах. Твердо уверенный в своей правоте, такой вольнодумец считал себя *пророком* — человеком, способным воспринимать Божию волю. Несомненно, Пифагор ощущал себя пророком и внушал такую уверенность своим ученикам. Чтобы избежать кон-

фликтов с жрецами, Пифагор стремился (и сумел) сделать свою общину независимой от светских властей или даже захватить высшую власть в городе, где он жил.

2.24. Пифагор учил молодых людей науке так же, как жрецы обучали молодежь религии. Он сообщал ученикам некоторые основные истины, предлагая принять их на веру, а далее размышлять о любых проблемах по предложенной схеме. Этот подход выглядит примитивным по меркам XX в., но в эпоху Пифагора других систем обучения не было. Перенеся религиозную систему обучения в сферу науки, Пифагор обеспечил бессмертие научным достижениям эллинов. Все открытия пифагорейцев сохранились — сперва в устной традиции, потом в виде книг.

2.25. Научным мыслителем того же масштаба был китаец Лао-цзы. Он создал модель природы, в основе которой лежали не числа или фигуры, а *законы* природы (Дао) и *силы* (Дэ), направляющие движение природных тел. Но Лао-цзы и другие китайцы той поры знали математику гораздо хуже, чем эллины, и не могли *проверить* ни одну из своих физических гипотез, доведя ее предсказания до *численного* ответа. В итоге учение Лао-цзы начало влиять на развитие мировой науки только в XX в.

Учителем того же масштаба можно считать Конфуция. Не будучи знатоком математики и потерпев неудачу в роли политика (он оказался слишком моральным и принципиальным), Конфуций учил молодежь *гуманизму* и на его основе обществоведению в широком смысле этого слова (музыке, этикету, законодательству и т. п.). Основанное Конфуцием в царстве Лю училище работало несколько веков — гораздо дольше, чем школа Пифагора в Кротоне.

2.26. Видимо, ближе всех прочих Лао-цзы показался бы Анаксимандр с его тягой к первоосновам Вселенной. Лао-цзы мог бы считать, что он продолжает дело Анаксимандра, выясняя те законы, которые *регулируют* поведение *апейрона* и его воплощения в любых природных телах. Другой единомышленник Лао-цзы — Гераклит появился в Элладе через 100 лет после Анаксимандра.

2.27. Пифагор наладил работу своей школы так, что научная традиция передавалась *устно* и не попадала в распоряжение случайных людей. Лао-цзы, видимо, не сумел создать школу единомышленников. На склоне лет он был вынужден написать книгу «Дао Дэ цзин», чтобы его открытия и догадки не были забыты.

2.31. Пифагор считал, что Земля имеет наиболее *симметричную* форму, т. е. она — шар. Такая форма объясняется действием универсальной силы, направленной из центра Земли наружу. Эта же сила заставляет вращаться вокруг Земли несколько небес — полых сфер, на которых укреплены планеты и звезды. Все эти светила (включая Солнце) Пифагор считал *отверстиями* в темных сферах, сквозь которые виден «небесный огонь», наполняющий Вселенную.

Современные физики считают главной силой внутри Солнечной системы *тяготение*. Оно определяет сферически симметричную форму Земли и организует устойчивое движение Луны вокруг Земли, а планет вокруг Солнца. Но *свет* Солнца имеет иную (*электромагнитную*) природу. Он является слабым остатком тех сил, которые организовали Солнечную систему в пору ее возникновения.

2.32. Солнце дальше от Земли, чем Луна, — это следует из простой модели затмений, предложенной Анаксименом. Все планеты Пифагор считал более удаленными от Земли, чем Солнце, поскольку они по размеру и яркости ближе к звездам. Все звезды расположены на одной сфере, самой дальней от Земли.

О *сравнительной* удаленности планет от Земли Пифагор судил только по их относительной яркости. Как правило, он не ошибался, хотя при этом Венера оказалась ближайшей к Земле планетой, а Юпитер — вторым по близости.

2.33. Эллы, как и вавилоняне, знали только пять планет: от Меркурия до Сатурна (Уран был открыт в XVIII в., после появления хороших телескопов). Планету можно надежно отличить от звезды только по ее перемещению среди других звезд. Но яркую планету можно быстро отличить от яркой звезды по *отсутствию мерцаний*. Звезда мерцает потому, что ее видимый диск чрезвычайно мал — он меньше (по угловому размеру) неоднородностей (вихрей) в атмосфере Земли. Угловые размеры дисков планет примерно в 100 раз меньше углового размера Луны: этого достаточно, чтобы исключить мерцание.

2.34. Прежде всего Перикл — стратег (выборный правитель) Афин, покровитель и друг Анаксагора. Далее, все друзья Перикла, включая его жену Аспасию, приемного сына Алкивиада, скульптора Фидия, драматурга Эсхила и молодого искателя мудрости Сократа. Личных врагов у Анаксагора не было, но каждый недруг Перикла (их было немало) не отказывал себе в удовольствии чем-нибудь

ущемить любого из друзей Перикла. Так, Фидий и Анаксагор были осуждены по ложным или пустяковым обвинениям.

2.35. Для Пифагора разум являлся верховным судьей всех экспериментов. Если бы Пифагор изобрел *мысленный* эксперимент по измерению размеров Земли и небесных тел, то он, конечно, проделал бы его. Но проверять ход своей мысли трудом своих или чужих рук Пифагор считал ниже достоинства мудреца.

Напротив, Анаксагор полагал, что только опыт может выбрать истину из множества умозрительных догадок о природе.

2.36. Дело в том, что плоскость, в которой Луна обращается вокруг Земли, не совпадает с той плоскостью, в которой Земля обращается вокруг Солнца. Эти две плоскости образуют малый угол. Затмения наблюдаются только в те моменты, когда Луна, находясь в нужной фазе, пересекается с конусом тени, которую отбрасывает Земля, либо когда Земля пересекается с конусом тени от Луны. Такие пересечения повторяются периодически, причем период (цикл Метона) зависит от отношения длины солнечного года к длине лунного месяца.

2.37. Зона видимости лунного затмения примерно равна одному *полушарию* Земли. Зона видимости солнечного затмения (даже частичного) представляет собой довольно узкую *полосу* на Земле — шириною, значительно меньшей диаметра Луны. Поэтому если в любой точке Земли устроить обсерваторию и в течение долгого времени наблюдать оттуда все затмения Луны и Солнца, то окажется, что лунные затмения *наблюдаются* примерно в 5 раз чаще солнечных (хотя *происходят* они одинаково часто).

2.38. Ширина зоны *полного* затмения Солнца — около 100 км. Ширина зоны 90%-го затмения солнечного диска близка к диаметру Пелопоннеса (300 км).

3. Эпоха великих сомнений (от Гераклита до Сократа)

3.1. Анаксимандр предположил *существование* единой изначальной стихии — апейрона, из которого по неким законам складывается наш мир. Веком позже Гераклит начал изучение *закономерностей*, наблюдаемых в природных *переходах* одной стихии в другую. Таким путем Гераклит пробовал выяснить некоторые свойства апейрона (который он именовал «огнём»).

3.2. Эти два натурфилософа были единомышленниками, хотя ученый эллин жил веком позже и только начал угадывать закономерности переходов вечного «огня» из одной формы в другую.

Лао-цзы указал несколько важных характеристик процесса развития в природе: закон (Дао), силу или действие (Дэ), кинетическую энергию (Фэн — ветер). Исходную первоматерию Лао-цзы называл Ци (эфир, апейрон, «огонь»).

Такое множество новых понятий требовало математической обработки, но в Китае (как и в Элладе) математика не дозрела до этой задачи. Свои рассуждения о природе Лао-цзы записал в книге «Дао Дэ цзин». Вероятно, соотечественники тоже именовали его «Темным».

Гераклит, не достигнув в понимании свойств «огня» уровня Лао-цзы, не решился выразить свои догадки в книге; его мысли сохранились только в виде избранных изречений.

3.3. Пифагор, несомненно, задумывался о том, почему не удается пересчитать и как-то обозначить все звезды. Вероятно, он пришел к выводу, что число звезд *больше* любого натурального числа. Но говорить об этом перед невеждами он считал вредным делом.

3.4. Если не считать Пифагора (который сознательно умалчивал о том, чего не мог понять), то первым обратил внимание ученого сообщества на проблему бесконечности Зенон. Его парадокс об Ахиллесе и черепахе требует строго определить сумму простейшего бесконечного ряда — геометрической прогрессии.

Другой парадокс Зенона — «Дихотомия» сводится к вопросу о числе точек на отрезке: если оно бесконечно, то как описать все эти точки и можно ли их пересчитать?

3.5. Несомненно, Зенон в душе был математиком. Поэтому его беспокоили такие проблемы «математической физики», которые не смущали ни философов (вроде Платона), ни физиков-экспериментаторов (вроде Анаксагора).

Гераклита тоже беспокоили эти проблемы. Но он считал, что, пока не создана ясная *физическая* модель природного явления (например, эволюции общества), нет смысла в поисках математической сути дела.

3.6. Зенона отличает от Лао-цзы крепкая вера в могущество математики, способной решить все проблемы физики: надо только указать математикам главную задачу. Так и вышло, но математики

сначала решили многие математические проблемы и лишь потом задумались о том, как их использовать в физике.

Напротив, Лао-цзы не видел вокруг себя достаточно сильных математиков и потому не решился составить для них «задачник» (вроде парадоксов Зенона), а составил учебник «Дао Дэ цзин», доступный каждому любознательному человеку.

3.7. Суммировать геометрическую прогрессию (для задачи об Ахиллесе и черепахе) научился Архимед (в III в. до н. э., через 200 лет после Зенона). Корректное определение «летающей стрелы» требует понятия *скорости*: его ввел Гюйгенс в середине XVII в. Наконец, «дихотомия» отрезка требует записи всех точек отрезка бесконечными двоичными дробями: это сделал Кантор в 1870-е годы.

3.8. Демокрит ввел понятие о *неделимых* атомах для того, чтобы предложенные Зеноном парадоксы потеряли научный смысл. С этой точки зрения шаг Ахиллеса или черепахи *не может* стать меньше размера атома. Летящая стрела тоже переходит из одной *ячейки* (атома) пространства в следующую ячейку: только этим она отличается от неподвижной стрелы.

3.9. Вероятно, каждый из этих ученых указал бы на то, что другой отказывается решать те реальные и важные задачи, которые поставлены самой природой. Так, Зенон не интересовался свойствами *атомов* (которых он не признавал), а Демокрит не верил в возможность *неограниченного* деления отрезка пополам.

3.10. Вряд ли здесь возможен полноценный отзыв. Эти ученые пытались представить физическую модель Вселенной, используя разные объекты и понятия. Лао-цзы пытался *угадать* основные понятия физики, а Зенон — дать им математически строгие *определения*. Взаимопонимание этих мыслителей стало бы возможно только после синтеза цельной модели физического мира на языке математической физики. Но такой синтез был достигнут лишь в XVIII в. в механике Декарта, Гюйгенса и Ньютона.

3.11. В VI в. до н. э. все ученые-эллины были энциклопедистами и философами: они верили, что научный подход поможет открыть все истины о природе, а математические истины откроются в первую очередь. В V в. до н. э. выяснилось, что только математика развивается успешно: в ней все одинаково понимают отличие верных высказываний от неверных. Напротив, развитие натурфилосо-

фии остановилось, когда выяснилось, что ни один философ не может убедить коллег в своей правоте путем словесных рассуждений.

3.12. Эллины ощутили себя историческим народом только в ходе отражения персидской агрессии, после побед при Марафоне и Саламине. Общественная гордость победой вызвала массовый интерес к недавним подвигам противников-персов и других прославленных народов: египтян, ассирийцев, скифов и т. д. Ответом на этот запрос эллинов стала «История» Геродота и трагедия Эсхила «Персы».

Римляне ощутили себя творцами истории после того, как объединили Италию и одолели Карфаген во 2-й Пунической войне. Вскоре после этого появилась первая «Римская история», написанная греческим ученым Полибием.

3.13. Геродот поставил в центр своей «Истории» борьбу между персами и греками за контроль над Восточным Средиземноморьем. После этого он решил описать деяния персов по созданию империи, а также жизнь тех народов, которые персы сумели (или пытались) включить в свою империю. Так в «Истории» нашлось место для мидян, халдеев, египтян, лидийцев и скифов.

3.14. Геродот имел возможность беседовать со многими участниками греко-персидских войн — гражданами разных полисов Элады, которые сражались в разных армиях (в том числе в персидской). Но жил историк в Афинах, поэтому действиям афинян он уделил особое внимание. Спорные вопросы Геродот старался опустить, чтобы не разжигать вражду между Афинами и другими полисами. В неясных случаях он предупреждал: «Рассказывают также — чему я не верю, а иные могут поверить...»

3.15. Эллины-победители охотно преувеличивали свои подвиги. Например, в описании Марафонского сражения число бойцов-греков преувеличено по крайней мере вдвое, а число персов не менее чем в 10 раз. Геродот понимал, что эти данные ненадежны, но не хотел противоречить убеждениям большинства читателей своей книги.

3.16. Собеседниками Геродота были политические лидеры и военачальники Афин: Перикл, Кимон и др. Он беседовал также с друзьями умерших или изгнанных деятелей прошедшей эпохи: Мильтиада, Фемистокла, Аристида. В круг знакомых Геродота входили прославленные деятели культуры: скульптор Фидий, драматург Эсхил, астроном Анаксагор и др. Геродот дружил с Периклом и многими его друзьями, включая его жену Аспасию и, возможно, молодого Сократа.

3.17. Жители греческих полисов в Италии не имели в то время успехов в политике или войне, сравнимых с победой эллинов Аттики над персами. Римляне уже имели подобные успехи (например, свержение царей и победы над этрусками). Но римляне, на взгляд Геродота, были «варвары», и прославлять их подвиги в своих книгах Геродот не считал уместным.

3.18. Есть сведения, что Геродот написал «Историю Ассирии». Но такой труд не стал популярным среди эллинов, так как прошло уже 150 лет после гибели Ассирии; поэтому эта книга не сохранилась.

3.19. Геродот написал историю *народов*, создающих державы или полисы и воюющих между собой. Фукидид написал историю борьбы между *партиями* граждан внутри афинского полиса.

Такая разница понятна, если учесть важнейшие события двух эпох: Геродот творил в конце победоносной войны эллинов с персами, а Фукидид — в конце неудачной для афинян Пелопоннесской войны.

3.20. Вероятно, Фукидид упрекнул бы Геродота в том, что тот принимает рассказы участников событий без критики (хотя одни люди заблуждаются, а другие готовы солгать). Оттого многие явления остаются без объяснений либо получают фантастические объяснения.

3.21. Ксенофонт написал еще две книги: «Анабасис» и «Воспитание Кира». В первой из них он описал (как участник) поход 10 000 греков-наемников вглубь Персии для поддержки одного из царевичей в гражданской войне. Вторая книга излагает ранний этап биографии идеального монарха. Ксенофонт лучше знал историю и психологию персов, живущих в условиях монархии; он хотел убедить эллинов, что этот «враждебный» политический строй не во всем плох, а кое в чем даже лучше демократии.

3.22. Это разделение было неизбежно и началось в конце V в. в школе Пифагора. Тогда одни ветви единой философии начали успешно пользоваться методами математики (геометрии или арифметики). Другим такой синтез не удался: в них, как прежде, применялись только словесно-логические аргументы.

3.23. Главная причина в том, что китайцы (в отличие от эллинов) не натолкнулись достаточно рано на схему строгих математических конструкций: геометрических построений циркулем и линейкой или доказательств геометрических теорем. В арифметике

китайцы почти не отставали от эллинов, но строго работать с иными объектами, кроме целых чисел, они не научились до Нового времени.

3.24. Сократ был ученым по натуре: его больше всего привлекали *еще не решенные* задачи. Но успехи математиков, историков, физиков и астрономов Эллады в пору молодости Сократа были столь велики, что казалось: эти науки близки к совершенству. Напротив, наука о человеческом мышлении (психология) еще не была создана, и Сократу захотелось ее создать. Раньше это пытался сделать Зенон.

3.25. Старшие современники Сократа: Перикл, Анаксагор, Фидий, Эсхил, Геродот. Его младшие современники: Алкивиад (друг Сократа); Платон и Ксенофонт (ученики Сократа); Демокрит (соперник Сократа).

3.26. Сократ считал, что «глас народа — глас божий». И если все афиняне идут на войну, а один гражданин не может убедить всех прочих в бесполезности похода — значит, он обязан идти со всеми, разделяя их труд, победу или поражение.

3.27. Сократ верил в богов-олимпийцев так же, как все эллины той эпохи. Но кроме того, он верил в «глас божий», исходящий из уст народа либо продиктованный совестью конкретного человека. Эту личную совесть Сократ называл «Даймон» и не считал возможным слушаться ее велений — даже когда они противоречили общему мнению сограждан. За это упрямство многие афиняне обвиняли Сократа в неуважении к святыням.

3.28. Сам Сократ объяснял такое поведение подсказками своего внутреннего голоса — «Даймона». Вероятно, он за четыре века до Христа угадал его заповедь: «Кто хочет быть первым между вами, тот будет вам рабом!» Желая сохранить независимость своего разума от мнений толпы, Сократ избегал лидерских постов в афинском обществе.

3.29. Фалес никого специально не учил: он только подавал пример жизни человека в науке. Например, Фалес ходил по улицам в роскошном платье и объяснял встречным: это платье — знак наиболее ученого человека. Когда он встретит еще более мудрого человека, он охотно передаст тому свое одеяние.

Пифагор прилагал большие усилия к тому, чтобы его ученики становились «жрецами науки», во всем подобными учителю. Для этого он приучал их к жесткой дисциплине.

Сократ старался помочь всем любознательным людям (не обязательно юношам) понять свое жизненное призвание, жить в ладу со своей совестью и разумом. Для этого он приучал афинян отбирать верные рассуждения из всевозможных догадок. Сократ утверждал при этом, что он ни в чем не убеждает собеседников: он только помогает каждому ясно выразить *свое* мнение и сверить его с реальностью.

3.30. Вероятно, Сократ сказал бы, что эти люди делают своим разумом замечательные открытия — но не понимают, почему одно у них получается, а другое нет. Он же, Сократ, интересуется как раз тем, *что и почему* доступно человеческому разуму, а что *недоступно* и почему.

3.31. Сократ, наверное, похвалил бы этих историков за точное описание человеческих страстей, приводящих к тем или иным поступкам. Но *почему* люди одержимы именно *такими* страстями — вот еще более важный вопрос, который занимает самого Сократа.

3.32. Сократ наверняка похвалил бы Перикла за те усилия, которые он прилагает для приведения буйных афинян к единомыслию без насилия над гражданами. Столь же важны его усилия по прославлению Афин среди всех эллинов. Единственное, о чем еще следовало бы подумать Периклу, — это о долговечности плодов его усилий.

3.33. Ксенофонт был сильно обижен афинянами за свои оригинальные политические поступки и симпатии. Он, вероятно, предсказал бы афинянам скорый упадок города вследствие их упрямства и усобиц, а Сократа пожалел бы за огромные усилия по воспитанию недостойных сограждан.

4. Расцвет греческой науки (от Платона до Евклида)

4.1. По преданию, Платон основал Академию в 387 г. до н.э., когда ему было 40 лет. Название «Академия» произошло от имени легендарного героя Акадэма: ему была посвящена роща, в которой ученики Платона вели свои беседы.

Академия Платона была закрыта императором Юстинианом I в 529 г. н.э., поскольку христианская церковь считала афинских профессоров безбожниками. Тогда всем профессорам предложили стать монахами.

4.2. Старейшие университеты Европы находятся в Париже, Болонье, Оксфорде и Кембридже. Все они основаны в середине XII — начале XIII в. Их фактические основатели — крупнейшие богословы, юристы и врачи той эпохи. Формальными покровителями ранних университетов были короли или императоры, в том числе Фридрих I Барбаросса, Филипп II Август, Генрих II Английский.

Старейшие *медресэ* (религиозные университеты) исламского мира в Дамаске, Багдаде, Каире действуют с VIII в. Но в них тогда не изучались серьезно ни математика, ни естествознание.

4.3. Школа Пифагора скреплялась лишь абсолютной властью Учителя: после его смерти она распалась на множество местных школ с разными системами обучения. Сократ действовал на учеников только силой личного примера: после его гибели ученики разошлись в интересах и во мнениях о науке. Платон создал *устойчивую* систему воспитания новых ученых по определенной программе. Эта система удержалась после смерти Платона, несмотря на разногласия среди учеников. Главная причина такой устойчивости — сочетание строгих требований к знаниям учеников с мобилизацией их инициативы в регулярной дискуссии обо всех научных проблемах.

4.4. Платон учил молодежь прежде всего *правилам строгого мышления*. Наилучшим предметом для начального изучения по этой системе он считал геометрию и арифметику. Но важнейшей наукой для Платона было *естествознание*, соединенное с обществознанием системой основных понятий («идей»). Математика служила введением и методической подготовкой для такой сверхнауки.

4.5. Платон считал самой устойчивой и прогрессивной политической системой аристократию, которая предоставляет власть лучшим людям, а прочих держит в повиновении. Вернейший путь к такой системе правления лежит через просвещенную монархию. Именно поэтому Платон пытался просветить самых перспективных (по его мнению) тиранов Эллады, прежде всего — сицилийского правителя Дионисия. Этот опыт кончился полной неудачей: Дионисий сперва прогнал надоевшего ему советника, а потом продал его в рабство — чтобы друзья выкупили умника.

4.6. Согласно преданию, родители назвали мальчика Аристоклом. Имя Платон («широкий, плечистый») ему дали друзья за спортивные достижения. Вся жизнь Платон считал, что совершенный человек должен быть одинаково здоров и физически, и умственно.

4.7. Гибель Сократа, осужденного толпой афинских граждан, убедила Платона в том, что обучать и просвещать *весь* народ — дело бессмысленное. Нужно учить будущую *эли*ту, которая потом поведет простой народ за собой. Отбирать эту элиту нужно не по богатству или родовитости, а по стремлению к знаниям: оно проверяется в ходе длительной учебы.

4.8. Подобно Сократу, Платон предоставлял своим ученикам полную свободу научных поисков и не старался опередить их во всех областях. Он полагал, что Учитель должен изобрести и поддерживать единую основу для всех научных исканий его школы. Такой основой Платон считал свое учение об абстрактных идеях, которые открываются разуму человека в ходе научной дискуссии о явлениях природы и общества.

4.9. Речь идет о пяти правильных многогранниках. Ученики Платона (Тэтет и др.) доказали, что других правильных многогранников быть не может. Платон решил, что это научное ограничение влечет за собою некое ограничение на разнообразии природных стихий — до успехов Э. Галуа, Ф. Клейна и С. Ли в XIX веке.

В этой догадке был резон: число правильных *фигур* соответствует числу разных *групп их симметрий*, а эти группы соответствуют всем возможным *геометриям*. Так ограничивается разнообразие математических *моделей* окружающего мира — тех, которые Платон называл «*идеями*». Но чтобы строго оформить эту связь и получить из нее важные следствия, потребовалось более двадцати веков развития мировой науки.

4.10. Кроме учителя Платона (Сократа) и его учеников (Тэтета, Евдокса и др.), в Афинах тогда жили драматурги Еврипид и Аристофан.

4.11. Важнейшее событие той поры — политический и военный взлет Фив, который произошел благодаря усилиям Эпаминонда и Пелопида. Эти два вождя демократии свергли господство спартанцев, разбили их войска при Левктре (372 г. до н. э.) и Мантинее (362 г. до н. э.) и освободили греков-илотов Мессении от векового ига Спарты.

4.12. Платон сделал следующий шаг в развитии научной теории после Пифагора. Тот впервые отделил *математику* (изучающую *идеальные объекты*) от *физики*, которая изучает природные явления. Платон предложил схему *соответствия* между объектами математики и физики: все наблюдаемые нами явления мы понимаем,

только *сравнивая* их с теми или иными идеальными *моделями*, которые накоплены предыдущей деятельностью нашего мозга.

Все эти утверждения современная физика принимает. Она отвергает только гипотезу Платона об *однозначном* природном соответствии между воображаемыми моделями и природными объектами. Вернее считать, что такое соответствие устанавливает человек-исследователь и это можно сделать многими способами.

4.13. Учение Демокрита ставит физику впереди математики. Ведь *атомы* — это природные фигуры, доступные либо человеческому зрению, либо человеческому разуму, но в любом случае не имеющие идеальных умственных прообразов. Таким образом, геометрия выступает в роли *советчицы* независимой науки — физики, а для воображаемых «идей» Платона не остается места в природе — только в уме человека.

4.14. С начала XX в. физики успешно наблюдают отдельные атомы вещества и даже их неделимые части — элементарные частицы (вроде электрона, фотона или кварка). С 1930-х годов квантовая физика строит все новые *математические модели* элементарных частиц — они соответствуют «идеям» Платона.

4.15. Наследником мыслей Платона был Лейбниц: изобретенные им в конце XVII в. *монады* стали математическим вариантом «идей» Платона и прообразом будущих моделей элементарных частиц. От атомов Демокрита монады отличаются тем, что они бесконечно сложны «вглубь себя».

Следующие наследники мыслей Платона — это Максвелл (с математической моделью электромагнитного поля), а в XX в. — Дирак, Фейнман и другие творцы моделей элементарных частиц.

Первым наследником мыслей Демокрита стал в XVIII в. Бойль, а за ним Дальтон: он возродил учение об атомах в 1800-е годы и начал изучать *свойства* атомов на материале *химических реакций*. Следующие наследники Демокрита — Дж. Томсон (открыватель электрона) и Э. Резерфорд: он сначала предсказал существование протона, а потом нашел его экспериментально.

4.16. Цели и методы Конфуция были, видимо, почти такие же, как у Платона. Схожи и их биографии: Конфуций служил нескольким князьям в роли министра, но потом разочаровался в беспринципных политиках и основал свой университет для воспитания «просвещенных мужей» (Цзюнь-цзы). Разница лишь в том, что в Китае времен Конфу-

ция не было высокоразвитой математики: оттого Конфуций принял в качестве основного учебного предмета «человековедение» (Жэнь). Такой выбор одобрил бы Сократ.

4.17. О различиях в учениях Платона и Пифагора см. решение задачи 4.12; о разногласиях между Платоном и Демокритом см. решение задачи 4.13. Гераклита Платон, вероятно, считал своим предшественником — но тот рассуждал о свойствах «огня» лишь в общих чертах, а Платон разложил «огонь» на различные «идеи».

4.18. Нужная информация содержится в решении задачи 4.16.

4.19. Платон написал несколько десятков *диалогов* — как бы дословных записей бесед, которые вели между собой просвещенные афиняне. Названия диалогов, как правило, не отражают их научное содержание. Героем многих диалогов является Сократ: он учит собеседников делать верные выводы из повседневных наблюдений за природой и процессом своего мышления.

4.20. Видимо, Платон писал «Диалоги» не для своих учеников, а для широкой публики, слабо знакомой с высшими достижениями греческой науки. Цель публикации диалогов — привить верхушке афинского общества уважение к науке и вкус к научным занятиям. Таким образом, «Диалоги» — это первый образец *научно-художественной*, а не *научно-популярной* литературы.

4.21. Видимо, Платон (как и его учитель Сократ) считал, что будущего ученого можно вырастить только в ходе личного общения между учителем и учеником. Простейшие примеры такого общения описаны в «Диалогах» Платона.

4.22. Сначала Евдокс вписал в трехгранную пирамиду многоступенчатую «лестницу» из призм убывающего размера. Далее он вычислил суммарный объем этой лестницы с помощью формулы суммы квадратов первых N натуральных чисел. Наконец, Евдокс доказал, что при росте числа ступеней лестницы разность между ее объемом и объемом пирамиды убывает и может быть сделана сколь угодно малой.

Все эти конструкции Пифагор, несомненно, понял бы. Однако сам он был чужд идее о «предельном переходе» и о суммах *бесконечного* семейства слагаемых. Поэтому Пифагор, вероятно, не признал бы доказательство Евдокса строгим и допустимым в рамках геометрии. Но физик Демокрит считал его строгим рассуждением.

4.23. Во-первых, это понятие *интеграла*, введенное Кеплером в начале XVII в. Во-вторых, используется формула Ньютона—Лейбница, связывающая интеграл от функции с ее *производной*. Наконец, используется таблица производных для степенных функций, но в таком объеме, который был доступен и Евдоксу. Самым сложным для понимания Евдокса была бы система *определений* и обозначений новых понятий (вроде многочлена или интеграла).

4.24. Евдокс применял хорошо известный в арифметике «алгоритм Евклида». Он последовательно откладывал меньший отрезок B на большем A , пока остаток C не становился меньше отрезка B . После этого остаток C откладывался на отрезке B и т. д.

Этот метод приводит к цели за конечное (но, может быть, очень большое) число шагов, если отрезки соизмеримы. Евдокс работал с отрезками *целой* длины и таким путем находил наибольший общий делитель (НОД) двух целых чисел. Если отрезки *несоизмеримы*, то алгоритм Евклида длится бесконечно; он может дать лишь рациональное (или десятичное) *приближение* искомого *иррационального* числа.

4.25. Эта задача была тогда неразрешима. Для ее решения нужно ввести понятие *счетного* множества и доказать, что если числовая ось удовлетворяет аксиоме стягивающихся отрезков, то множество всех точек на отрезке *несчетно*. То и другое сделал в 1870-е годы Георг Кантор.

4.26. Тэтетт присоединял к рациональным числам *корни* известных ему *уравнений-многочленов*, но понятием «многочлен» он еще не владел. Разобравшись с корнями уравнений степеней 2 и 3, Тэтетт остановился, не в силах дать общую классификацию более сложных уравнений (ее придумал Диофант — через шесть веков после Тэтетта).

Таким путем можно определить все *алгебраические* числа, т. е. корни целочисленных многочленов. Но их множество *сечно*, и его недостаточно для выполнимости всех геометрических конструкций на числовой прямой — как доказал Георг Кантор в 1870-е годы.

4.27. Форму куба имеют кристаллы поваренной соли (NaCl), форму октаэдра — кристаллы алмаза (C). Пирит (FeS_2) и флюорит (CaF_2) могут кристаллизоваться как в виде куба, так и в виде октаэдра. Эллины знали все эти вещества, кроме алмаза.

4.28. Хорошо известный грекам пирит (FeS_2) встречается в форме куба, октаэдра, додекаэдра или икосаэдра. Кристаллов-тетраэдров в природе *нет*; но молекула метана (CH_4) имеет форму тетраэдра (атомы водорода стоят в вершинах, атом углерода — в центре).

4.29. В греческой арифметике не было особых знаков-цифр. Вместо них использовались буквы алфавита, которым придавались условные числовые значения. Таким путем можно записывать сколь угодно большие или малые рациональные числа, но читать запись трудно.

4.30. Можно заметить изменение блеска Венеры с периодом в несколько месяцев. Этот факт был известен античным астрономам, но одни объясняли его изменением *расстояния* до Венеры, а другие — изменением *фаз* этого светила (подобно фазам Луны). Разделить влияние этих двух факторов античные ученые не смогли, не располагая ни телескопом, ни изощренной техникой вычислений. Эту задачу решили Галилей и Кеплер в начале XVII в.

4.31. Любая непрерывная функция на интервале $(0; 2\pi)$ разлагается в бесконечную сумму синусов и косинусов, аргументы которых принимают все кратные значения: $x, 2x, 3x, \dots$

Отличие тригонометрического ряда Фурье от алгебраического ряда Тейлора в том, что ряд Фурье сходится к функции *равномерно* на всем отрезке.

4.32. Все книги Аристотеля — это учебники по тем наукам, которые он создал. Например, *логика* изложена в книге «Органон», *физика* — в книгах «Физика» и «Метафизика», *зоология* — в книге «О частях животных», *политика* — в книге «Афинская политика».

В отличие от Платона, Аристотель не писал научно-популярной или научно-художественной литературы.

4.33. Сократ любил всех людей, со всеми их слабостями, кроме явных злодеев. Платон любил только своих единомышленников (т. е. даже не всех ученых); прочих эллинов он презирал, а варваров считал пригодными только для рабства.

Аристотель думал так же и соперничал с Платоном в изобретении «определений» человека. Например: «Двуногое животное без перьев и чешуи, с плоскими ногтями». Последнее уточнение добавили, чтобы исключить *контрпример* Аристотеля — оципанного петуха.

4.34. Предшественником Аристотеля в изучении греческой политики был историк Фукидид. Он написал политическую историю Пелопоннесской войны, уделив особое внимание межпартийной

борьбе в Афинах. Аристотель в «Афинской политике» построил модель политической эволюции общества, где чередуется господство демократов, аристократов и монархистов.

Преемником Аристотеля и Фукидида в изучении античной политики стал грек Полибий — свидетель последней войны Рима с Карфагеном. Он написал историю Пунических войн, которая стала первой книгой по истории Римской республики.

4.35. Аристотель был согласен с Платоном в том, что «идеальное» движение небесных тел происходит по самым простым и ясным правилам (которые тоже нелегко понять). Для описания движений земных тел Аристотель добавил принцип *затухания* — как будто любое движение на Земле идет в упругой среде либо в условиях трения. Единственное утверждение Платона, с которым Аристотель *не* согласился, — то, что идеальные движения как-то регулируются целыми числами или правильными многогранниками.

4.36. Теоретическая механика Ньютона *не* включает принцип *затухания* любых движений земных тел. Вместо него введен принцип *инерции*, который одинаково действителен во всей Вселенной для тел, к которым *не* приложены силы. В некоторых случаях силы вызывают *периодическое* движение тел (вместо равномерного прямолинейного) либо *торможение* тел в вязкой среде.

4.37. Аристотель был человек умный, гордый, самоуверенный и неуживчивый. Поэтому он ушел из-под опеки стареющего Платона, но не получил полного удовольствия в своей новой школе — Ликее. Чтобы превзойти Платона в качестве учителя, Аристотель принял предложение македонского царя Филиппа: стать воспитателем его сына Александра. Но эта работа длилась не более 4 лет, пока сам Александр не вышел из школьного возраста на поля сражений (битва при Херонее, 338 г. до н. э.). После этого Аристотель вернулся в Афины и работал там под покровительством царя Македонии, которого многие афиняне ненавидели.

4.38. Потерпев неудачу в просвещении сиракузского тирана, Платон был готов обучать всех любознательных афинян или эллинов из других городов: пусть боги решают, кому из них суждено величие!

Аристотелю было скучно возиться с каждым учеником; к тому же он не был афинским гражданином, ибо родился в Стагире. Поэтому Аристотель ухватился за предложение Филиппа Македонского: воспитать идеального царя для эллинов и варваров! Опорой

для этого эксперимента, вероятно, послужила книга историка Ксенофонта «Киропедия»: в ней изложена ранняя биография царя — основателя Персидской державы.

4.39. Аристотель научил Александра ценить и усваивать мудрость любого человека и любого народа — для того, чтобы потом властвовать над этим человеком или народом. Кроме того, он объяснил Александру основы греческой культуры: как литературу и искусство (на примере Гомера), так и науку (не только геометрию, но также основы географии, истории и политики). Но учить царевича принципам научной работы или поведения в гражданском обществе Аристотель не стал.

4.40. Афиняне не любили Аристотеля: ведь он воспитал царя Александра, который подчинил всех эллинов своей воле! Как только пришла весть о смерти Александра, афиняне восстали — и Аристотелю пришлось бежать из города. Через год он умер в изгнании еще не старым, но разочарованным человеком.

4.41. Аристотель отправил вместе с Александром группу своих учеников, включая племянника — Каллисфена. Те присылали в Афины подробные описания всех чудес Востока, образцы искусства восточных народов и природные редкости, включая камни-самоцветы или чучела диковинных животных. Но самым ценным фактом было сознание великого разнообразия Ойкумены, в которой Эллада составляет лишь малый уголок.

4.42. Самый известный и важный для науки из этих людей — Птолемей Лагид, ставший царем Египта и основавший Александрийский Музей. Он пережил всех своих соратников. Менее удачлив Селевк Никатор — он стал царем Сирии, но не успел сделать свою столицу (Антиохию) столь же славным центром учености, а в старости погиб от кинжала убийцы. Большинство друзей Александра — гетайров — погибли во взаимных усобицах, не успев создать долговечные царства и внедрить в них просвещение.

Интересна судьба критянина Неарха. Получив при разделе наследства Александра его флот, он отплыл вдоль берега Африки на юг — разведывать и покорять новые царства, но пропал без вести.

4.43. Видимо, Евклид стремился к всемирной славе и рассчитывал добиться ее, упорядочив всю геометрию в одном учебнике. Но после завоеваний Александра самые инициативные эллины уплыли на восток осваивать его чудеса. После того, как Птолемей основал

в Александрии новый центр учености, вслед за учениками отправился Евклид. Вероятно, к этому моменту Евклид был уже пожилым человеком и главная часть его «Начал» была готова.

4.44. И Аристотель, и Евклид стремились просвещать и воспитывать самую перспективную паству. Но после окончания учебы Александра и его друзей Аристотелю стало нечего делать в Македонии и он вернулся в Афины, где учеников хватало. Евклид же мог обучать в Александрии все новые поколения активных эллинов — освоителей Востока.

4.45. После 1724 г. (когда Пётр I объявил о создании в Петербурге Академии наук по проекту Лейбница) из Западной Европы в Россию приехало немало талантливой ученой молодежи. Из этих юношей больше всех прославились Леонард Эйлер и Даниил Бернулли — выпускники школы братьев Бернулли в Базеле (Швейцария). Они стали первыми *четырежды* академиками Европы: в Петербурге, Берлине, Париже и Лондоне.

5. Александрийская эпоха (от Аристарха до Гиппарха)

5.1. Александрия Египетская исполняла три важные экономические роли: морские ворота богатейшего Египта, крупнейший порт на Средиземном море и начало кратчайшего пути из греческого мира в иранский. Все это обеспечило верховенство Александрии на 300 лет, пока Рим не построил еще более эффективную государственную систему. До тех пор соперницами Александрии были только Селевкия на Тигре и Антиохия на Оронте. Их называли в честь себя Македонские правители Сирии.

5.2. Кроме библиотеки, в комплекс Музея входили: зоопарк, ботанический сад и анатомический театр (для медиков), а также астрономическая обсерватория и лекционные залы. Активнее прочих ученых были астрономы, геометры и врачи.

5.3. Конечно, преобладали греческие книги-свитки. Кроме них, были египетские и персидские рукописи (на папирусе) и множество глиняных клинописных табличек на живых и мертвых языках Ближнего Востока: шумерском, аккадском, эламском, хеттском, хурритском и персидском. Фонд Александрийской библиотеки достигал 400 000 экземпляров. Наибольшей ценностью считались подлинные

рукописи греческих драматургов Софокла и Еврипида. Царь Птолемей III одолжил их у афинян под залог, но вернул только копии. Позднее в фонд библиотеки вошли латинские рукописи (на пергаменте).

5.4. Научная работа в Музее прекратилась в начале V в. н.э. под давлением христианских проповедников, которые ненавидели ученых-язычников и устраивали погромы. Библиотека существовала намного дольше: в VII в. арабские завоеватели застали ее действующей, но не сочли нужным покровительствовать ей. Последние остатки библиотеки были сохранены учеными-мусульманами в VIII в., когда начались переводы греческих рукописей на арабский язык.

5.5. Аристарх был физиком, подобным Анаксагору, но лучше знавшим математику. Он принял модель Евдокса (где Меркурий и Венера обращаются вокруг Солнца, а само оно и прочие планеты — вокруг Земли) как *гипотезу* и решил проверить ее математически, рассчитав все доступные для расчетов расстояния между светилами. Приближенные результаты получились только для Луны и Солнца, но их Аристарху хватило для обоснования *гелиоцентрической* модели.

5.6. Предшественником Аристарха в физическом подходе к астрономии был только Анаксагор. Аристарх превосходил его в знании математики (точнее, тригонометрии).

5.7. Аристарх открыл первые факты нового раздела вычислительной геометрии, который позднее (в XVI в.) был назван *тригонометрией*. Он первый использовал функции *синус* и *тангенс*, вычислив их значения для некоторых углов. Позднее Гиппарх составил первые *таблицы* этих функций. Эту работу завершил в IX в. н.э. ученый-мусульманин аль-Хорезми.

5.8. Определению истинного размера Солнца мешает его сильный блеск. К тому же параллакс Солнца (его суточный сдвиг среди звезд в результате поворота Земли) меньше лунного параллакса в 12 раз.

5.9. Эпоха эллинизма, начавшаяся с походов Александра Македонского, отмечена гораздо большей терпимостью эллинов к религиозному инакомыслию. Общение с персами и вавилонянами сделало имперских греков терпимее и к своим соплеменникам.

5.10. Религиозные ограничения в это время не имели большого значения для просвещенных людей. Но замена одной важнейшей физической аксиомы на другую требовала очень строгих рассужде-

ний и очень точных вычислений. Рассуждения Аристарха казались ученым-современникам нестрогими, а расчеты неточными.

5.11. В XX в. такими открытиями стали теория относительности Эйнштейна, квантовая теория Бора и Гайзенберга, хромосомная теория наследственности Моргана и теорема Гёделя о неполноте любой аксиоматики. Каждое из этих открытий вызывало жаростные споры специалистов на протяжении жизни одного-двух поколений.

5.12. Полную победу гелиоцентрическая модель одержала в XVII в. с появлением теории Кеплера об *эллиптических* траекториях планет, подкрепленной расчетами (с применением *интегралов*) и проверенной прямыми измерениями параллаксов планет (с помощью *телескопа*).

5.13. Эпоха эллинизма отмечена высокой терпимостью к инакомыслию и инаковерию. В таких условиях научно-религиозные секты не возникают. Секты начали возникать в конце эпохи эллинизма (в III в. н. э.), но и тогда научные постулаты не становились основой новых религий. Видимо, гипотеза Аристарха обсуждалась в ученых кругах, но не выходила за их рамки как маловероятная.

5.14. Прецессию малого волчка вызывает либо его отклонение от симметричной формы, либо трение об опору. Для Земли или Луны, кроме их асимметрии, играет роль притяжение других небесных тел, прежде всего Земли к Луне. Ньютон впервые рассчитал прецессию Луны и Земли: его результаты оказались близки к наблюдаемым величинам, а отклонения объясняются притяжением Солнца и других планет.

5.15. Работая в Египте, Эратосфен для вычислений использовал большой (2000 км) отрезок Нила, текущего вдоль меридиана. Жители Эллады не располагали такой «линейкой». Не удивительно, что последующие измерения диаметра Земли также производились вдоль меридианов, в пределах централизованных империй: Арабского Халифата и китайской империи Тан (в IX в. н. э.).

5.16. Различие здесь только одно: расстояние от Земли до Луны почти постоянно, а расстояние до кометы значительно изменяется даже за одни сутки. Поэтому такие измерения нужно успеть провести за одну ночь.

5.17. Датчанин Тихо Браге в 1577 г. впервые измерил расстояние до кометы. Он, как и Гиппарх, работал без телескопа и с песочными

часами, В 1670-е годы французы Кассини и Рише впервые измерили параллакс Марса и расстояние до него. Они располагали *маятниковыми* часами и вели *синхронные* наблюдения из двух удаленных точек Земли: Парижа и Гвианы.

5.18. Гиппарх не верил, что можно невооруженным глазом точно измерить угол между направлениями на Солнце и Луну. Поэтому оценка диаметра Солнца по Аристарху («в 7 раз больше Земли») казалась Гиппарху таким же заблуждением, как более ранняя оценка Анаксагором диаметра Луны («размером с Пелопоннес»). Только в конце XVII в. многократные прямые измерения параллаксов Марса, Венеры, Юпитера, Сатурна и Меркурия позволили узнать все расстояния между планетами и Солнцем. После этого установить диаметр Солнца стало нетрудно.

5.19. Ясно, что *учебники*, переписываемые в огромном числе копий, сохраняются лучше, чем книги научно-исследовательского содержания. Первым учебником астрономии стала книга Клавдия Птолемея «Мегáле Матемáтике Синтáксис» («Великого Учения Система»). Она появилась в середине II в. н. э. и описывала достижения многих греческих астрономов, включая Евдокса и Гиппарха.

5.20. Видимо, в середине II в. до н. э. расцвет Александрийской научной школы уже миновал. Оттого Гиппарх, располагая достаточными средствами, решил построить свою личную обсерваторию подальше от царского самовластья и коллег-завистников. Родос был тогда просвещенной демократической республикой, вроде бывших Афин, но без претензий на статус великой державы.

5.21. В эту эпоху — на рубеже IV—III вв. до н. э. — важнейшими деятелями Средиземноморья были уцелевшие сподвижники Александра Македонского (диadoхи): Птолеме́й I Сотер в Египте, Селевк I Никатор в Сирии, Антигон I Монофтáльм и его сын Деметрий Полиоркет в Малой Азии, а также Лизимах во Фракии. В Индии правил соперник Селевка — Чандрагупта (основатель династии Маурья). В Риме тогда был консулом Аппий Клавдий, а на Сицилии правил тиран Агафокл.

Главные события этих лет — битвы и перемирия между диadoхами. Менее важны непрерывные войны римлян с самнитами и этрусками за подчинение всей Италии. Например, через два года после смерти Александра Македонского римское войско было уничтожено самнитами в Кавдинском ущелье.

5.22. Время жизни Гиппарха (190—130 гг. до н. э.) отмечено победами Рима над всеми прочими державами Средиземноморья. В четырех войнах подряд к 150 г. до н. э. была разгромлена Македония и захвачена вся Эллада. В 183 г. до н. э. покончил с собою Ганнибал, а в 146 г. до н. э. был разрушен Карфаген. Виднейшие деятели Рима в эту эпоху: полководцы Тит Фламинин и Эмилий Павел (победители Македонии), Сципион Эмилиан (разрушитель Карфагена), а также сенатор и цензор Марк Катон Старший и молодой трибун Тиберий Грах. Среди противников Рима — македонские цари Персей и Андриск, сирийские цари Селевкиды: Антиох III и Антиох IV (против него восстали евреи под руководством Маккавеев).

5.23. Каждый из троих ученых (Евклид, Аристарх, Гиппарх) жил в *не родном* для себя государстве — будь то монархия Птолемеев или Родосская республика. Неудачный опыт Платона на Сицилии и сомнительная «удача» Аристотеля с Александром Македонским убедили ученых нового поколения, что вмешательство мудрецов в политику — дело не только опасное, но и безнадежное.

5.24. В эпоху Евклида в Риме не было ни одного ученого, а к греческой учености римляне относились с подозрением. В эпоху Гиппарха появился первый такой ученый. Но это был не коренной римлянин, а грек — историк Полибий, который попал в число друзей полководца Сципиона Эмилиана, стал свидетелем разрушения Карфагена и подробно описал войны между Римом и Карфагеном.

5.25. Видимо, в эллинистических монархиях не было *массового* спроса на такую литературу: вопрос Птолемея к Евклиду о наиболее удобном пути в геометрию отражал лишь личные вкусы царя. В римской державе массовая тяга к научному просвещению стала заметна только в I в. до н. э. — в эпоху Цезаря. Тогда поэт Лукреций написал первую научно-популярную поэму «О природе вещей» — и прослыл безумцем среди своих сограждан.

5.26. Эратосфен создал географическую карту известного ему мира — от Испании до Индии. Он также пытался навести единый хронологический порядок в событиях всемирной истории: в частности, увязать события Троянской войны с историей Египта. Как директор Александрийского Музея он был обязан интересоваться всем кругом наук своего времени.

5.27. Современные учебники рассчитаны на умеренно любознательных и просвещенных детей: поэтому они содержат популярное

введение в предмет науки, которого так не хватало царю Птолемию. Стиль книги Евклида ближе к современным научным монографиям, таким как «Элементы математики» Н. Бурбаки или «Курс теоретической физики» Л. Д. Ландау и Е. М. Лифшица.

5.28. Никола́ Бурбаки́ — псевдоним большой группы французских математиков, поставивших в 1930-е годы перед собой цель: изложить основы всей математики в нескольких монографиях, которые могут служить учебниками для начинающего талантливого математика. Видимо, Евклид ставил перед собой такую же цель на 2300 лет раньше. Оттого стиль обеих книг получился схожим, их популярность сравнима. Общие недостатки также ясны: самые молодые и бурно развивающиеся разделы математики не попали ни в ту, ни в другую книгу.

Гипотеза о вымышленности персоны Евклида возникла в XX в. по аналогии с «феноменом Бурбаки». Но вероятность такого явления в античном мире кажется мала, и едва ли эту гипотезу удастся как-нибудь проверить.

5.29. Во-первых, в книге Евклида нет теорем, связанных с тригонометрией (например, теоремы синусов в треугольнике). Далее, у Евклида нет общей теоремы Эйлера о выпуклых многогранниках (числа их вершин, ребер и граней связаны формулой $V + P + G = 2$). Наконец, у Евклида нет теорем о центрах тяжести фигур и не вычислен строго объем шара: эти достижения принадлежат Архимеду, который жил примерно через 70 лет после Евклида.

5.30. Евклид ни словом не упомянул кривые второго порядка: эллипс, параболу и гиперболу, которые естественно возникают при сечениях цилиндра и конуса плоскостью. Видимо, Евклид не умел выводить эти объекты и их свойства «из основ» — впервые это смог сделать в XVII в. Декарт.

Далее, у Евклида не упоминаются *логарифмы* чисел. Свойства логарифмов (т. е. площадей фигур, ограниченных гиперболой) впервые изучил Архимед, через полвека после смерти Евклида. Полная ясность в этом вопросе наступила также в XVII в.

Наконец, в книге Евклида отсутствует понятие *иррациональных* чисел и нет их классификации. В этом вопросе разобрались только Лиувиль и Кантор в XIX в.

5.31. Аксиомы у Евклида — это недоказываемые *свойства* основных объектов (точек, прямых, плоскостей). Постулаты — это утвер-

ждения о *существовании* или *единственности* объектов того или иного рода (например, прямой, которая параллельна данной прямой). В XIX в. среди аксиом и постулатов геометрии было выявлено гораздо большее разнообразие, чем то, которое заметил Евклид. В связи с этим математики оставили один рабочий термин — *аксиома*.

5.32. Например: «Окружность — это линия, которая около любой своей точки устроена одинаково». Это определение Евклида порочно тем, что ему *не* предшествует более общее определение «линии». Кроме того, оно верно только на плоскости, а в пространстве есть винтовая линия с этим же свойством. Современный учебник определяет окружность проще: как множество всех точек плоскости, равноудаленных от одной данной точки. Но термин «множество» был чужд геометрам Эллады.

5.33. Эту реформу провел Давид Гильберт в 1900 г. и опубликовал свои исследования в книге «Основания геометрии». У него получилось 20 аксиом, которые разделены на пять групп: принадлежности, порядка, конгруэнтности, параллельности и непрерывности.

5.34. В конце XVIII в. несколько математиков пришли к выводу, что *невозможно* вывести пятый постулат Евклида (о *единственности* прямой, которая не пересекает данную прямую и проходит через данную точку) из прочих постулатов и аксиом. Попытки заменить этот постулат его *отрицанием* не привели к логическому противоречию, и в начале XIX в. Карл Гаусс предположил, что возможны *несколько* непротиворечивых геометрий, которые различаются формулировками одной аксиомы.

Гаусс воздержался от публикации своей гипотезы. Чуть позже ее «переоткрыли» и опубликовали более молодые математики: россиянин Николай Лобачевский и венгр Янош Бóльяи. Но *пример* кривой поверхности (вроде воронки), на которой реализуется неевклидова геометрия (со *многими* прямыми, не пересекающими данную прямую и проходящими через данную точку), был построен итальянцем Эудженио Бельтрами только в 1864 г. — после смерти Гаусса, Лобачевского и Бóльяи.

5.35. В XX в. появилась *дифференциальная* геометрия, изучающая *все* геометрии, которые реализуются на разных искривленных поверхностях или в искривленных пространствах. Множество таких геометрий *бесконечно*. Каждый элемент этого множества можно задать, указав *группу симметрий* соответствующей поверхности или

пространства. Но разнообразие таких групп и фигур также очень велико.

Например, геометрия Римана (в которой любые две прямые пересекаются) реализуется на проективной плоскости, а геометрия Лобачевского — на замкнутой поверхности, которая получается как связанная сумма трех проективных плоскостей.

5.36. Достаточно шести аксиом.

1. На прямой лежит не менее двух точек.
2. Через любые две точки проходит единственная прямая.
3. На плоскости вне данной прямой лежит хотя бы одна точка.
4. Две прямые пересекаются в единственной точке либо не пересекаются.
5. Через точку вне данной прямой проходит *хотя бы одна* прямая, не пересекающая данную прямую.
6. Через точку вне данной прямой проходит *только одна* прямая, не пересекающая данную прямую.

5.37. Ответы таковы.

1. На прямой — 2 точки, а на плоскости — 4 точки.
2. На плоскости — 6 разных прямых.
3. Все расстояния между точками или между непересекающимися прямыми можно принять равными 1.
4. Эта плоскость — векторное пространство над полем, состоящим из 2 элементов.

6. Греческая наука после Евклида (Архимед, Эратосфен, Диофант)

6.1. Эллипс получается при пересечении плоскости с поверхностью цилиндра. Пересечение плоскости с поверхностью кругового конуса может дать эллипс, параболу или гиперболу. Именно так эллины определяли эти плоские кривые.

Эллины знали две группы свойств этих кривых: «зеркальные» свойства и «метрические» свойства, которые позволяют нарисовать эллипс, параболу или гиперболу с данными осями и фокусным расстоянием.

6.2. Видимо, Евклиду было неясно, как сформулировать в виде аксиом или постулатов те свойства плоскости, из которых следует существование этих кривых. Вспомним, что даже окружность Ев-

клид не решился определить через расстояние между точками плоскости, а определил ее интуитивно через «*постоянную кривизну*» (хотя не умел дать определение и этому понятию).

Сохранилась лишь одна греческая книга, посвященная коническим сечениям. Ее написал в III в. до н. э. Аполлоний — большой мастер в решении самых сложных задач на построение. Самая известная задача Аполлония: построить окружность, касающуюся трех данных окружностей.

6.3. Парабола впервые встречается в учебнике как график квадратного трехчлена, гипербола — как график простейшей дроби. Эллипс возникает из окружности путем ее пропорционального сжатия вдоль одной из осей координат. Эти кривые изучаются по их *уравнениям*, что стало возможно после того, как Декарт ввел на плоскости числовые координаты.

Координатный подход намного облегчает формулировку и доказательство теоремы о сечениях конуса плоскостью, которая в античной геометрии казалась очень сложной.

6.4. Если эллипс зеркальный, то луч света, прошедший через один из его фокусов и отразившийся от эллипса в некоторой точке, обязательно пройдет через другой фокус эллипса. Если парабола зеркальная, то луч света, прошедший через ее фокус и отразившийся от параболы, уйдет в бесконечность параллельно оси параболы. Если гипербола зеркальная, то луч света, пройдя через один из ее фокусов и отразившись от гиперболы, уйдет в бесконечность параллельно асимптоте гиперболы.

Стена в форме эллипса создает своеобразное эхо: если в одном из фокусов произнесено шепотом слово, то в другом фокусе оно будет слышно, хотя между этими точками ничего слышно не будет. Параболическое зеркало позволяет построить прожектор: лучи света из фокуса зеркала уходят в бесконечность узким пучком. *Обратное* применение параболического зеркала порождает *зеркальный телескоп*: в нем параллельный пучок лучей от звезды, дважды отраженный от разных парабол, превращается в гораздо более узкий (а значит, и более яркий) пучок света, который направляется на фотопластинку.

Первый зеркальный телескоп был построен Ньютоном в 1668 г. Легенда о применении Архимедом параболического зеркала для поджога вражеского флота придумана гораздо позже: этот проект был технически невыполним в античную эпоху. Параболическое

зеркало позволяет построить в пустыне «солнечную» печь или «солнечную» электростанцию.

6.5. Формула площади $S = \pi r^2$ переносится на эллипс и дает формулу $S = \pi ab$, поскольку сжатие плоскости по одной координате *линейно* изменяет *площади* всех фигур. Но *длины* кривых при таком сжатии или растяжении изменяются *нелинейно*. Поэтому (как заметил Ньютон) *длину* эллипса с полуосями 1, $1 + e$ можно выразить только в виде *степенного ряда* от эксцентриситета e .

Проверить, что формула длины $L = \pi(a + b)$ неверна, можно на примере вытянутого эллипса с полуосями 1, 10. Для этого нужно сравнить длину эллипса с длиной вписанного в него ромба, учитывая известное неравенство $\pi < 3,5$.

6.6. Достаточно нескольких гвоздиков, ниток и карандаша. При построении нужно использовать метрические свойства трех фигур. *Сумма* расстояний от любой точки эллипса до его фокусов постоянна; *разность* расстояний от любой точки гиперболы до ее фокусов постоянна; *разность* расстояний от любой точки на параболе до ее фокуса и до прямой, ортогональной к оси параболы, постоянна.

6.7. Подобно Евдоксу, Архимед разбил такой треугольник на узкие параллельные полосы (прямоугольники) и заметил, что длина k -й полосы пропорциональна k^2 . После этого оставалось суммировать квадраты первых n натуральных чисел по известной формуле.

6.8. Дело в том, что «каноническое» уравнение гиперболы (разность квадратов координат равна 1) переходит в ее функциональное уравнение (произведение координат равно 1) при линейной замене координат: $t = x - y$; $s = x + y$.

6.9. Архимед (как позднее Ньютон) большую часть рассуждений вел на привычном и понятном для всех языке геометрических построений. Только с началом трудного расчета он переходил на «метод песчинок», который многие эллины считали некорректным колдовством. Так же относились англичане в XVII в. к замене любой функции на степенной ряд в трудах Гюйгенса, Валлиса или Ньютона.

6.10. Вращение параболы вокруг ее оси y дает параболоид: его объем легко рассчитать. Труднее вычислить объем воронки, возникающей при вращении параболы $y = x^2$ вокруг оси x : для этого нужно суммировать четвертые степени натуральных чисел. Но Архимед сумел вывести необходимую для этого формулу.

6.11. Легко доказать, что центр тяжести *площади* треугольника лежит на пересечении его *медиан*. Если треугольник равнобедренный, с большой высотой и малым основанием, то этот центр лежит на высоте и делит её в отношении $2 : 1$. У этого же треугольника центр тяжести *контура* близок к центру тяжести двух его боковых сторон, т. е. он находится примерно на *середине* высоты.

6.12. Такова, например, задача о нахождении центра тяжести кругового конуса. Архимед ее решил.

6.13. Причина та же, которая мешает переносу формулы длины окружности на эллипс (см. решение задачи 6.5).

6.14. Здесь удобен более простой способ — через площади правильных многоугольников, вписанных в окружность или описанных около нее. Архимед получил этим путем оценки с погрешностью около $1/1000$ ($\pi \approx 223/71$). В V в. н. э. китайский математик Цзу Чун-чжи уменьшил погрешность до $1/1\,000\,000$ ($\pi \approx 355/113$).

6.15. Видимо, к III в. до н. э. в Элладе уже не было многочисленного *сословия* интеллигенции, чьи умственные увлечения не зависели от государственной службы. В Риме такого сословия никогда не было. Можно сказать, что новые имперские власти не допускали возникновения школ, подобных школам Платона или Пифагора, а школы в стиле Сократа не могли набрать учеников.

6.16. Архимед использовал для вывода суммы k -х степеней натуральных чисел формулу *бинома* (для степени $k + 1$) и уже известные формулы сумм чисел в степенях, меньших k .

Сейчас эту формулу можно вывести методом неопределенных коэффициентов, предположив, что сумма k -х степеней есть многочлен степени $k + 1$.

6.17. Наиболее сложным можно считать доказательство теоремы Аполлония о конических сечениях: пересечение кругового конуса с любой плоскостью есть эллипс, парабола или гипербола.

6.18. Видимо, сложнейшее решение было у задачи Аполлония: построить окружность, касающуюся трех данных окружностей.

6.19. Это — чертеж шара, вписанного в цилиндр того же радиуса и высоты. Архимед доказал, что объемы этих тел относятся как $2 : 3$.

По свидетельству Цицерона, он сам нашел на кладбище в Сиракузах забытую могилу Архимеда по форме надгробия (через 150 лет после гибели ученого).

6.20. Эта спираль возникает при равномерном росте любого живого тела вдоль его радиусов. Пример: соцветие подсолнуха, где грани семечек выстраиваются по спиральям Архимеда.

6.21. Самый простой способ получения синусоиды — намотать лист пергамента на круглую толстую палку, перерезать ее плоскостью наискось и размотать этот лист. Другой вариант — измерить длительность всех световых дней года в порядке их следования и составить график из этих чисел.

6.22. Таких ученых в ту эпоху не было. Опыт Платона, Евдокса и Аристотеля убедил эллинов в том, что высшие истины лишь те, которые можно проверить расчетом или геометрическим рассуждением. В натурфилософию этот способ не проник до времен Кеплера.

6.23. В эпоху Евклида римляне считали любую теоретическую ученость «блажью разложившихся греков». Позднее (после победы над Карфагеном) римляне ощутили вкус к истории. Еще позднее (при Цезаре) почетной стала профессия *инженера*, вместе с ней приобрели популярность основы *физики*.

6.24. Аристотель был типичным *теоретиком (схоластом)*, он проверял свои догадки только логическим рассуждением. Архимед же — типичный *инженер*, он проверял все гипотезы *расчетами* на основе геометрических моделей. Позднее преемником Аристотеля мог считать себя Лейбниц, а преемником Архимеда — Кеплер.

6.25. Согласно преданию, это была просьба царя Гиерона: взвесив его корону, проверить, из чистого ли золота она сделана. Архимед догадался произвести *два* взвешивания: одно — в воздухе, другое — в воде, где тела разного удельного веса становятся легче в разной мере.

6.26. Можно поместить слона на небольшой корабль и отметить на корпусе глубину погружения корабля. Затем убрать слона и нагружать судно камнями, пока оно не погрузится до той же отметки. Потом взвесить камни на весах небольшими порциями и сложить результаты.

6.27. Согласно преданиям, Архимед изобрел (вернее, рассчитал) *рычаг* и создал много различных осадных орудий на его основе. Он также построил *винтовой* водоподъемник для орошения полей. Легенда о сожжении римского флота с помощью зеркал — явный вымысел потомков.

6.28. Согласно преданию, эту турбину (*эолипíл*) изобрел механик Герон в I в. н. э. Чтобы превратить такую игрушку в промышленную машину, нужны большие вложения капиталов, оправданные явной *потребностью* общества — экономической или военной. Но процветающая Римская империя не нуждалась в новых источниках энергии, пока хватало силы человеческих или животных мышц. Вероятно, пригодились бы особо быстроходные суда, но никому не пришло в голову, что сочетание эолипила с винтом Архимеда может произвести такой переворот. Суда такого рода появились лишь в конце XIX в.

6.29. Разгром римской армии при Каннах и неспособность Ганнибала осадить Рим (ему не хватало войск и продовольствия) перевели войну на уничтожение в войну на истощение. В этой ситуации обе стороны старались одолеть и подчинить *союзников* своего врага. Сиракузы перешли на сторону Ганнибала после Канн, боясь мести победителя. Позднее они мечтали сохранить нейтралитет, но это им не удалось.

6.30. По сообщению поздних историков, сенаторы поручили консулу Марцеллу привезти в Рим *живого* Архимеда, чтобы тот обогатил римскую армию военно-техническими изобретениями. Вряд ли Архимед согласился бы на такое использование своих талантов; очевидно, ему пришлось бы покончить с собой.

6.31. Император Август не стал ни грабить Музей, ни помогать ему. Он заботился только о процветании Рима — пусть провинции сами заботятся о себе. Позднее Август требовал от александрийцев присылать в Рим *копии* всех важных книг из их великой библиотеки.

6.32. Самым важным было, конечно, измерение диаметра Земли: его результаты больше всего поразили воображение александрийцев (даже не самых просвещенных). Открытия в теории чисел («решето Эратосфена» и другие факты) были важнее для молодых ученых, поскольку они показали, как много нерешенных задач еще есть в математике.

6.33. Приборы были самые простые: угломер с отвесом и линейка (все это было даже у Фалеса). Сложнее было проверить, насколько равномерен шаг верблюдов и можно ли по сроку их марша до Асуана вычислить истинное расстояние до этого города.

Итоговая ошибка Эратосфена (если верить данным поздних историков) была около 1 %. Такая точность удивительна при столь гру-

бых средствах измерения. Либо Эратосфену повезло, либо он производил измерения многократно и усреднял их данные.

6.34. Расчеты Эратосфена гораздо проще: в них очень мало тригонометрии и почти нет стереометрии. Самое сложное в работе Эратосфена — сама постановка эксперимента.

6.35. Площадь круга и длина окружности вычислялись одновременно. Греческие геометры дерзко приравняли круг к *треугольнику*, основание которого имеет длину, равную длине окружности, а высота равна радиусу круга.

Иначе было с шаром и сферой. Приравнять шар к *пирамиде*, основание которой равновелико сфере, элины догадались сразу. Но *обоснованный* способ вычисления объема шара путем разбиения его на параллельные «ломтики» и суммирования их объемов нашел, видимо, только Архимед. Гордясь этим, он завещал изобразить соответствующий чертеж на своем надгробии, что и было сделано.

6.36. Схема Архимеда ничем не отличается от современного интегрирования. Другая схема, приведенная в учебнике Киселёва (через объемы шаровых поясов), является уступкой учителям и школьникам, которые боятся слова «интеграл». Она была придумана гораздо позже.

6.37. Видимо, первым таким автором был египетский жрец Манефón, который служил царю Птолемею I и считал его живым богом. Не имея точно датированных летописей, Манефон упорядочил всех известных ему (по заупокойным молитвам) фараонов и условно разбил их на 30 последовательных династий, указав примерные сроки правления. Опровергнуть это распределение невозможно, хотя ошибки в нем наверняка есть.

6.38. Ни в Египте, ни в Двуречье до очень позднего времени (IX в. до н. э.) не было непрерывной *летописной* традиции. Все имена царей и события известны либо из их анналов (они появились довольно поздно и не отличаются достоверностью), либо из надписей в гробницах (которые плохо сохранились даже в Египте). Греки же любили историю в стиле Геродота — с яркими страстями и множеством подробностей.

6.39. Важнейшим (для полуобразованных людей) приложением астрономии считалась *астрология*. Ей нужны были не *модели* Вселенной, а точные даты и способы расчета сроков появления светил

на небе (для составления гороскопов). Все это было в книге Птолемея, и улучшать ее не требовалось.

6.40. Фамилия Птолемея означает, что астроном был в родстве с бывшим царским родом Египта (или притворялся, что такое родство есть). Римское имя Клавдий означает родство астронома с недавно иссякшей династией императоров Рима. Возможно, здесь также не было родства, но вполне могло быть *усыновление* кем-то из знатных римлян.

Другие подобные примеры: историки Иосиф Флавий и Корнелий Тацит. Иосиф принял фамилию Флавий от императора Флавия Веспасиана, которому он служил. Тацит был связан с древним родом патрициев Корнелиев также путем усыновления — вероятно, в эпоху Суллы.

6.41. Этот факт объясняется многовековым убеждением римлян (его выразил в стихах Гораций), что им на роду написано дать или навязать порядок жизни всем народам, которые не могут сами упорядочить свою жизнь. Сначала это были племена Италии, потом — подданные древних царств Средиземноморья, наконец — варвары, не ведавшие греческой цивилизации. Эллинам такое убеждение было чуждо: для них законы были лишь преградой самовластью толпы, знати или тирана.

6.42. По *стилю* изложения Плутарх, бесспорно, греческий историк: он любит яркие детали и не любит сухих схем. Но по выбору *героев* своей книги Плутарх — явный питомец империи, которую римляне создавали на греческом фундаменте.

Пифагор

(комментарии к ошибкам)

¹ У Фермопил афиняне и прочие греки потерпели поражение от персов. Там нет равнины, а есть прижим горной цепи к морю.

² «Орды персов» — бессмыслица; слово «орда» появилось в Европе только в эпоху *гуннов*, оно взято из тюркского языка.

³ Царем Персии во время 2-й греко-персидской войны был Ксеркс.

⁴ Женский хитон — бессмыслица; хитон — это *мужская* одежда у греков.

⁵ Гвардия «бессмертных» была пешая, а не конная.

⁶ Стрельба из лука не входила в программу Олимпийских игр — греки считали этот вид спорта варварским.

⁷ Пифагор, согласно легенде, был олимпийским чемпионом в кулачном бою.

⁸ Железная корона в Персии появилась при Сасанидах (в III в. н.э.); царь Ксеркс был из династии Ахеменидов и носил золотую корону.

⁹ Форум был в Риме, в Афинах была *агора*.

¹⁰ Эллины не создавали гранитных статуй, только мраморные.

¹¹ Перикл жил позже греко-персидских войн.

¹² Асклепий — бог медицины, ему не приносили жертвы в честь военных подвигов.

¹³ В эпоху греко-персидских войн в Элладе уже не было дружин, они существовали в эпоху военной демократии (при Гомере и раньше).

¹⁴ Еврипид жил позже Перикла и гораздо позже Пифагора.

¹⁵ Тарпейская скала находится в Риме, а не в Спарте.

¹⁶ Базар — тюркское слово, в Элладе его не знали до V в. н. э.

¹⁷ Пифагор умер накануне греко-персидских войн, будучи уже стариком.

¹⁸ Сократ жил через 100 лет после Пифагора.

¹⁹ Парацельс — средневековый врач (XVI в.).

²⁰ Евклид жил на 200 лет позже Пифагора.

²¹ Греческие геометры вплоть до Евклида не составляли специальных задачников.

²² Платон и Аристотель жили через 150 лет после Пифагора. Динофант жил еще позже них — на 5 веков.

²³ Геката — богиня Луны и колдовства; жертву в благодарность за научное открытие следовало принести Афине — богине мудрости.

²⁴ Греки приносили в жертву не коней, а быков или баранов.

²⁵ Платон почти всю жизнь провел в Афинах, а в Риме никогда не был.

²⁶ Македония находилась к северу, а не к югу от Эллады.

²⁷ Александр достиг Индии, но о Китае он, вероятно, только слышал. Эту страну персы тогда называли иначе: Син, или Сер.

²⁸ Тростниковый сахар в эпоху Александра Македонского был не белый, а желтый или коричневый (его еще не умели очищать).

²⁹ Рукописи на пальмовых листьях были и в Китае, и в Индии.

³⁰ «Индийское» доказательство теоремы Пифагора (разбиением большого квадрата на малые квадраты и треугольники) с расчетом их площадей стало известно в Элладе гораздо позже того, как Пифагор придумал иное (более сложное) доказательство.

³¹ Эллины узнали о шахматах после походов Александра.

³² В эпоху Пифагора и Конфуция китайцы еще не знали этого факта.

³³ Слово «шаровары» — тюркское, оно появилось лишь в средние века.

Архимед

(комментарии к ошибкам)

¹ Ни в каком греческом календаре не было римского месяца «март» или дня с названием «иды».

² Александр Македонский начал править в 336 г. до н. э. Значит, 105 г. его эры — это 231 или 230 г. до н. э. Но осада Сиракуз и гибель Архимеда — события 212 г. до н. э.

³ Остия — это порт города Рима, а не Сиракуз (которые сами стоят на берегу моря — на острове Сицилия). Сицилия была производителем зерна, поэтому туда редко привозили зерно на продажу.

⁴ Скифы выращивали ячмень, рожь и пшеницу в Причерноморье, но они не плавали по морю, а продавали зерно греческим купцам.

⁵ Египтяне начали выращивать рис только после арабского завоевания (когда сами арабы переняли эту культуру в Индии).

⁶ Школа «Ликий», основанная Аристотелем, находилась в Афинах, а не в Александрии.

⁷ После возвращения из Александрии в Сиракузы Архимед не встречался с Эратосфеном, хотя они регулярно переписывались.

⁸ Название «Академия» употреблялось только в Афинах, где Платон учил молодежь в роще, посвященной герою Академу.

⁹ Математик Кóнон (ученик Евклида) был учителем Архимеда и Эратосфена и был старше их.

¹⁰ Ученый-механик Герон жил в Александрии в I в. н. э. — намного позже Архимеда и Эратосфена.

¹¹ Математик Диофант работал в Александрии в III в. н. э.

¹² Слово «король» появилось в средние века, в связи с Карлом Мартеллом и Карлом Великим.

¹³ Слово «алгебра» появилось в IX в. н. э. в трудах арабских математиков.

¹⁴ Существует бесконечное множество прямоугольных треугольников с взаимно простыми сторонами. Этот факт был известен еще Пифагору.

¹⁵ Бесконечность множества простых чисел доказал Евклид примерно за сто лет до гибели Архимеда.

¹⁶ Понятия «формула» и «многочлен» появились в математике с рождением европейской алгебры — в конце XVI в. До той эпохи никто не мог искать «общую формулу простых чисел».

¹⁷ Эратосфен обнаружил много пар «близнецов» — простых чисел вида p ; $p + 2$. Но аналогичная тройка простых чисел есть только одна: 3, 5, 7. Это было известно еще Евклиду.

¹⁸ Вопрос о конечности или бесконечности множества «простых близнецов», несомненно, волновал Эратосфена и Архимеда. Но решить эту проблему не удалось до сих пор.

¹⁹ «Функции, стремящиеся к бесконечности» — такое выражение появилось в науке лишь в конце XVII в., после того как Ньютон и Лейбниц создали математический анализ.

²⁰ Слово «химия» вошло в научный обиход в VIII в. н.э., когда арабы назвали так искусство египтян превращать одни вещества в другие.

²¹ Платина — благородный металл и не образует соединений, поэтому нет «платиновой руды», а есть самородки и песок. Точка плавления платины столь высока, что лишь электрическая дуга позволила ее расплавить в XIX веке.

²² О существовании платины европейцы узнали только в XVII в., после того как ее россыпи обнаружили в Южной Америке и отличили от серебра по весу.

²³ Изготавливать из тел моллюсков пурпурную (но не алую) краску умели финикийцы, а не египтяне. Греки не смогли узнать этот секрет, и он был забыт.

²⁴ Получать из вина спирт или очень крепкую («горючую») водку путем перегонки химии научились только в средневековье.

²⁵ Кемт — одно из древних имен Египта, но элины называли эту страну иначе: Айгюптос.

²⁶ Никто из ученых Эллады и античного мира не пытался связать ремесло химиков с выделением природных «стихий» в чистом виде. Объединение химии с философией (алхимия) произошло лишь в средневековье — в исламском мире.

²⁷ Ни Пифагор, ни Евклид не интересовались поисками апейрона — первичной стихии, которую угадал Анаксимандр, но которая не связана с понятиями математики.

²⁸ Архимед не увлекался химией; он занимался только теми науками, которые удается постичь, используя математику.

²⁹ Рассуждения о «порче» металлов с помощью кислот и о существовании универсального окислителя начались в средневековье среди греческих, сирийских и арабских ученых.

³⁰ Гипотеза о наличии металлов в составе любого вещества появилась в средние века среди арабских алхимиков. Но они считали основным металлом *ртуть*, а не золото.

³¹ Догадку о том, что Солнце — раскаленный камень, высказал Анаксагор задолго до Архимеда. Он считал, что метеориты — осколки Солнца, поэтому оно состоит *не* из золота.

³² Гипотеза о происхождении планет от Солнца появилась только в XVIII в. в трудах Канта и Лапласа.

³³ Гипотезу об атомах, имеющих определенную *форму*, высказал Демокрит — современник Платона. Платон не принял эту гипотезу и всю жизнь боролся против нее.

³⁴ Консул Аттилий Регул командовал римской армией и флотом во время 1-й Пунической войны до Ганнибала: тогда Сиракузы мирно признали власть Рима, чтобы спастись от власти Карфагена.

³⁵ Во время 2-й Пунической войны Сиракузами правил царь Гиерон, а не Дионисий.

³⁶ Римской армией при Каннах командовал не Сципион, а консулы Эмилий Павел и Варрон.

³⁷ После победы при Каннах Ганнибал не стал осаждать Рим, потому что у него не хватало войск для такой задачи.

³⁸ Ганнибал получал подкрепления не из Африки, а из Испании. Сицилия интересовала римлян как источник зерна и как путь наступления на Карфаген.

³⁹ Войско Аттилия Регула было разбито, и сам он был убит карфагенянами в Африке в 256 г. до н. э. Жители Сиракуз не были причастны к этому.

⁴⁰ Царь Филипп V, который правил в Македонии во время 2-й Пунической войны и враждовал с Римом, был потомком не Александра Македонского, а одного из его полководцев — Антигона. Все дети Александра были убиты диадохами во время борьбы за его наследие.

⁴¹ Эпирский царь Пирр жил до начала Пунических войн и не воевал с Македонией.

⁴² Римский полководец Серторий жил в I в. до н. э., после окончания Пунических войн.

⁴³ Римской армией, осадившей Сиракузы, командовал консул Марк Клавдий Марцелл.

⁴⁴ Евклид никогда не бывал в Риме, поскольку римляне той эпохи (и более поздних времен) еще не увлекались математикой и не подчинили Элладу.

⁴⁵ Архимед был случайно убит во время штурма Сиракуз и поэтому не попал в плен к римлянам. Если бы он уцелел, то его, вероятно, провели бы в числе прочих пленных во время триумфа в Риме, а потом продали в рабство — как домашнего учителя.

⁴⁶ Рим никогда не был «ученейшим городом» Италии или Средиземноморья. Римляне относились к греческой учености как к развлечению бездельников. Римского поэта Лукреция, написавшего научно-популярную поэму «О природе вещей», в Риме считали сумасшедшим.

⁴⁷ Александрия попала под власть Рима через 180 лет после падения Сиракуз — при Октавиане Августе.

⁴⁸ Греческий историк Полибий, написавший первую историю Рима и его войн, жил через полвека после падения Сиракуз и был свидетелем разрушения Карфагена римлянами. Полибий не был родственником Эратосфена.

⁴⁹ Римская империя, созданная Августом, процветала около 250 лет — до начала гражданских войн между «солдатскими» императорами в III в. н. э.

Плутарх

(комментарии к ошибкам)

¹ В Римской империи счет лет велся *не* от основания республики (это 509 год до н. э.), а от основания города (это 753 г. до н. э.).

² Плутарх никогда *не* был придворным историком какого-либо правителя, хотя его труд читал и одобрял император Траян (в начале II в. н. э.).

³ Император Марк Аврелий правил Римом после 160 г. н. э. Это был уже *конец* VII века Республики и IX век после Основания Рима.

⁴ Как независимый писатель, Плутарх выбирал героев своих биографий по личному вкусу, а *не* по заказу какого-либо хозяина. Цель Плутарха была проста: позволить всем гражданам Империи сравнить римскую доблесть недавних веков с греческой доблестью более ранних времен.

⁵ Историк Полибий жил *не* на 100, а на 250 лет раньше Плутарха, в эпоху разрушения Карфагена римлянами. Он писал «Всеобщую Историю» на своем родном греческом языке — для всех образованных читателей Средиземноморья, а не только для граждан Римской державы.

⁶ Грек Полибий *не* мог носить двойное римско-греческое имя «Марк Полибий».

⁷ Плутарх тоже был греком и *не* носил двойное имя «Аврелий Плутарх».

⁸ Император Марк Аврелий *не* был ни современником Плутарха, ни потомком Гая Юлия Цезаря. Но он, видимо, был дальним родичем матери Цезаря: ведь она происходила из знатного рода Аврелиев.

⁹ В силу личной осторожности Плутарх *не* включил в ряд героев своей книги ни одного римского императора, кроме первого Цезаря. Так что Август — *не* его герой.

¹⁰ Царский титул Александра Македонского был *не рекс* (по латыни), а *базилевс* (по гречески).

¹¹ Из множества диадохов (соратников Александра Македонского) Плутарх *никого* не включил в ряд своих героев. Из потомков диадохов Плутарх выбрал только одного: Деметрия Полиоркета — сына Антигона Одноглазого. Плутарх сопоставил его с Марком Антонием.

¹² Полное имя императора Траяна — Марк Ульпий Траян.

¹³ Из множества современников и партнеров Цезаря Плутарх выбрал своими героями только *трех* знаменитых римлян: Марка Красса, Гнея Помпея и Марка Антония.

¹⁴ Гнея Помпея Великого Плутарх сравнил *не* с Антигоном Одноглазым, а с царем Спарты — Агесилаем. Тот в IV веке до н. э. воевал с Персией и с Фивами; заключил союз с царем Египта — Нектанебо.

¹⁵ Антигон Одноглазый отвоевал у персов *не* Кавказ, а Малую Азию и Армению.

¹⁶ Антигон Одноглазый погиб в бою, *но не* при Иссе (333 г. до н. э.), а при Ипсе (301 г. до н. э.). При Иссе Антигон вместе с Александром разбил персидского царя Дария. При Ипсе Антигон был разбит союзом других диадохов: Селевка, Птолемея, Кратера, Эвмена.

¹⁷ Гней Помпей Великий *не* погиб в бою с Цезарем, а был убит греческими правителями Египта. Те надеялись откупиться от Цезаря головою Помпея, но грубо ошиблись. Цезарь покарал убийц славного Помпея позорной смертью.

¹⁸ В последней битве Цезаря — при Мунде в Испании — погиб *не* Гней Помпей Великий, а старший из его сыновей — тезка отца.

¹⁹ Марка Красса Плутарх сопоставил с афинским полководцем Никием. Тот на старости лет возглавил поход в Сицилию и погиб там, а все его войско попало в плен (как войско Красса в Парфии).

²⁰ Марк Красс подавил восстание рабов *не* на Сицилии, а в Италии: это было восстание под руководством Спартака.

²¹ Македонский воевода Парменион *не* погиб от стрел врагов. Он был казнен по обвинению в соучастии со своим сыном Филотой: тот устроил заговор против Александра Македонского за его самовластье.

²² Тит Лабиев (бывший друг Цезаря) погиб при Мунде — в последней битве Гражданской войны.

²³ Македонец Кассандр был сыном *не* Пармениона, а Антипатра. Дождавшись смерти своего отца и Александра, Кассандр пытался захватить власть в Македонии. При этом Кассандр казнил многих знатных македонцев. Их родичи отомстили Кассандру, перейдя на сторону его врага — Антигона Гоната, внука Антигона Одноглазого. Тот основал в Македонии новую династию царей, ибо все родичи Александра к тому времени погибли.

²⁴ Плутарх из осторожности *не* писал биографии цариц — Клеопатры и Олимпиады, поскольку первая из них была врагом Октавиана Августа, а вторая была казнена македонской знатью за убийство их родичей.

²⁵ Старый македонский воевода Антипатр умер от болезни вскоре после смерти царя Александра. Царицу Олимпиаду он *не* поддерживал, но удерживал ее от борьбы за власть, пока он был жив.

²⁶ Александрийская бумага — это выражение не имело смысла в античном мире, пока в Египте все писали на папирусе. Бумага попала в Средиземноморье из Китая в VIII или IX веке через Арабский Халифат.

7. Наука в античных империях (Македония, Рим, Китай)

7.1. Военное соперничество царей-диадохов после смерти Александра привело к тому, что каждый историк той поры описывал недавние события под диктовку своего царя. В итоге сохранились только записи, составленные в Александрии, при дворе Птолемея.

На этой основе в римскую эпоху новые историки — грек Арриан и римлянин Квинт Курций Руф составили свои варианты «Деяний Александра», которые сохранились до наших дней.

7.2. Первым текстом на эту тему стала военная автобиография Цезаря «Записки о Галльской войне». Позднее сторонник Цезаря — Саллюстий описал подвиги Мария в книге «Югуртинская война», а дела Цицерона и Катилины — в книге «Заговор Катилины». Полную историю гражданских войн написал Аппиан в эпоху Августа, когда главные участники событий уже умерли, а политическое соперничество в Риме прекратилось.

7.3. Одновременно с записками Цезаря появилась поэма Лукреция «О природе вещей». В ней подробно и популярно изложена натурфилософия Демокрита. Но поэма Лукреция была не только научно-популярной книгой. В ней автор заявил, что с точки зрения философа все политические бури и геройские подвиги не более важны, чем движение звезд или облаков на небе.

7.4. Один из поклонников Цезаря — Лукан написал поэму «Фарсалия» о решающей битве между Цезарем и Помпеем. Другие сподвижники Цезаря написали (по его поручению) довольно пристрастную историю гражданской войны между Цезарем и помпеянами. В противовес этому Тит Лабий — бывший соратник Цезаря, ставший его врагом, написал свой вариант истории войны с оправданием республиканцев. Понятно, что в правление Августа сохранились только тексты, написанные приверженцами Цезаря.

7.5. Цезарь был прежде всего политиком и психологом, но свои открытия и изобретения в этой сфере держал в тайне. О них можно судить только по тем мерам, которые Цезарь применял в партийной борьбе и в ходе умиротворения Галлии.

Все прочие таланты Цезаря — в области военного искусства, географии и инженерного дела — были для него лишь средствами для достижения главной цели: добиться полной власти в Римской державе и перестроить ее, сделав более управляемой и устойчивой.

7.6. До Сципиона все римляне относились к иноплеменникам только как к врагам, подданным или рабам. Сципион первый позволил себе восхищение и симпатию к грозному врагу — Ганнибалу; он даже встречался с ним с глазу на глаз. Но прочих карфагенян Сципион не считал полноценными людьми, хотя он дружил с царем Нумидии.

Напротив, Цезарь с самого начала Галльской войны воспринимал всех галлов как будущих *граждан* Римской державы, даже если их приобщение к гражданству растянется на два-три поколения. Такая позиция вытекала из имперского сознания новых римлян.

7.7. Македония оставалась военной монархией, традиция гражданского общества в ней не успела развиваться. Напротив, римляне в процессе объединения Италии накопили огромный опыт *гражданского* развития и вовлечения иноплеменников в свою державу через многоступенчатую систему гражданства и союзничества.

7.8. Согласно одному из удачных определений империи, она является формой сосуществования многих разных народов или сословий с разными хозяйственными укладами в рамках одной державы. Так было в Персии и Риме. К этому же стремились цари Ассирии — но они потерпели неудачу в результате неправильного обращения с купеческим сословием. Покорный Птолемею Египет давно был однороден по национальному и экономическому признаку. Видя это, цари Птолемеи и их грекоязычные чиновники не пытались ничего менять в образе жизни большинства египтян и потому оставались для них чужими и «лишними» владыками.

7.9. Если принять определение империи как *симбиоза* народов или сословий с *разными* правами и обязанностями (см. решение задачи 7.8), то первой державой такого рода в Китае было царство Чжоу.

7.10. Главные творцы империи Цинь — это министр Шан Ян, его последователи: теоретик Хань Фэй и практик Ли Сы, — а также военачальник Мэн Тянь и возглавивший их работу царь Цинь Ши хуанди. Все они были убежденные, жесткие монархисты, не имевшие гражданского правосознания и не способные к компромиссам. Показательно, что все пятеро погибли насильственной смертью в борьбе за власть после всех неудач.

Деятели такого склада трудно найти в полисах — в Элладе или в республиканском Риме. Но среди имперских деятелей аналоги были. Например, воевода Мэн Тянь подобен Стилихону или Аэцию; политики Шан Ян и Ли Сы похожи на диктатора Суллу или на самовластных министров при императорах Тиберии и Нероне. Хань Фэй был по натуре ученый-политик, вроде Полибия или Аристотеля, но лишенный опыта гражданской жизни. Правитель Цинь Ши хуанди подобен Нерону или Калигуле: он сочетал здравый смысл властители-

ля с безумием человека, убежденного в своей божественности. Вероятно, среди фараонов Египта и царей Ассирии было немало аналогов Цинь Ши хуанди.

7.11. Деятелям эпохи Хань легко подыскать аналоги в ранней Римской империи. Талантливый воевода, но неудачливый борец за власть — князь Сян Юй подобен Гнею Помпею или Титу Лабиему. Хитрый, спокойный и удачливый крестьянский воевода Лю Бан, ставший императором Гао-цзу, подобен Октавиану Августу. Наконец, мыслитель и подпольщик Чжан Лян, принадлежавший к старой аристократии, но готовый уступить первое место у власти другому ради того, чтобы самому изобретать новую политику, — этот образцовый министр Лю Бана подобен Випсанию Агриппе, первому министру Августа.

7.12. Геродот изучает (порознь и в сравнении) быт и историю нескольких разных народов, которые случайно столкнулись между собой в попытке построить первую империю в Средиземноморье. Тит Ливий изучает историю *одного* народа, которому удалось создать такую империю. В итоге история Тита Ливия читается как история «державного самовоспитания» римского народа, а история Геродота — как история «военно-культурного контакта» между персами и эллинами, исход которого не был предрешен.

7.13. Книга Тита Ливия — это непрерывное описание потока событий, без попытки их осмысления, поскольку смысл и цель римской истории и так ясны каждому римлянину. Сыма Цянь *не видит* единой смысловой линии в долгой истории Китая — от легендарного княжества Ся до империи Хань. Поэтому он рассматривает разные фазы истории Китая *отдельно*, выделяя в каждой фазе ее главных деятелей, и *сравнивает* биографии этих деятелей, группируя их по профессиям в особом разделе своей книги. Так у Тита Ливия получилась книга для чтения по истории отечества, а у Сыма Цяня — учебник по истории государства в Поднебесной.

7.14. Огромное преимущество Геродота и Сыма Цяня в том, что они оказались *первыми* авторами, сумевшими дать цельную картину истории своего культурного региона. Все последующие читатели и писатели невольно сравнивали каждую новую книгу с трудом первого классика. Из позднейших книг читатели старались выбрать то, что оригинально и не содержится в трудах классиков. Например, из книг Тита Ливия сохранились те, где описана история римской

республики, а из книг Полибия — то, что относится к римской армии и ее роли в Пунических войнах.

7.15. Оптимистом мог быть только Тит Ливий: он видел конец гражданских войн и установление имперского мира в Средиземноморье. Сыма Цянь знал начало и конец двух империй (Чжоу и Цинь) и наблюдал в развитии империи Хань те же черты, которые погубили ее предшественниц. Вдобавок сам Сыма Цянь пострадал в ходе придворных интриг, поэтому успех в науке был для него спасением от жизненной неудачи.

7.16. Тацит и Бань Гу жили в эпоху имперского равновесия. В такой ситуации они (в отличие от предшественников) проявили большой интерес к варварам, окружающим их империю. Но Тацит смотрел на варваров (особенно на германцев) как на *будущих* граждан империи, которых придется долго и с трудом вовлекать в римскую цивилизацию. Бань Гу не мог вообразить, что хунны или юэчжи когда-либо станут гражданами Китая.

7.17. Кроме римских полководцев и солдат — ветеранов войн в Германии, Тацит мог общаться в Риме с *германцами*: многие из них служили в императорской гвардии. Жизнь кочевников-сарматов в Восточной Европе Тацит знал по рассказам римских купцов и разведчиков, посещавших Черноморье.

Для Бань Гу главным источником информации о западных кочевниках — хуннах, юэчжах и других — были письма его брата Бань Чао, который служил в пограничной армии сперва младшим офицером, затем дипломатическим советником и фактически командовал корпусом союзных Китаю варваров.

В итоге Тацит описывал разных варваров с двумя целями: понять, чем они отличаются от древнейших жителей Италии, и оценить целесообразность их включения в империю. Бань Гу такие планы в голову не приходили: он изучал возможность контроля китайцев над большей частью Шелкового пути через Степь с помощью союзников-варваров.

7.18. *Изобретение* новых законов и норм права быстрее всего шло при республике, в условиях острой борьбы между разными партиями и группами политиков. Имперская эпоха отмечена *упорядочением* законодательства: начиная с Августа появляются своды законов, которые увенчал в VI в. Юстинианов кодекс.

7.19. Совершенная система гражданского права нужна централизованному государству, переживающему экономический расцвет без идеологических кризисов. Такие условия в Римской империи сложились только во II в. н. э. («век Антонинов»). Но в это время императоры были больше заняты борьбой с варварами, чем законодательством. Потом наступило Великое переселение народов и началась чехарда ересей на востоке империи. Эти кризисы завершились к началу VI в.: тогда в Константинополе Юстиниан I создал «Кодекс гражданского права».

7.20. Сравнить законы этих двух империй бессмысленно, поскольку только *одна* из них (Римская) прошла через стадию гражданского общества, когда законы принимались в итоге компромисса разных партий, а судопроизводство было соревновательным. Законы империи Хань можно сравнить с законами ближневосточных деспотий: Вавилонии (кодекс Хаммурапи и др.), Индии (законы Мánу) и Ирана.

7.21. Это спорный вопрос. Но знакомство участников судебного разбирательства с техникой геометрических доказательств, бесспорно, повлияло на юридическую традицию Средиземноморья. Это проявилось в изобилии довольно четких *определений* основных юридических понятий в системе римского права. Напротив, в кодексах Китая и иных империй Востока таких определений нет.

7.22. Регулярное движение верблюжьих караванов по Шелковому пути началось, видимо, только во II в. до н. э., когда империя Хань установила равновесие своих сил с западными степняками и наладила массовое производство шелка в стране.

7.23. Из Китая на запад везли шелк (в виде тканей или пряжи), а также изделия китайских ремесленников — ювелиров, резчиков кости и дерева и т. п. С запада (с гор Средней Азии и Урала) везли необработанные камни-самоцветы, меха пушных зверей и тому подобное сырье. Ближний Восток поставлял изделия своих ремесленников, сходные с китайскими. Караван верблюдов проходил Шелковый путь (с остановками для отдыха и перепродажи товаров) за срок от полутора до двух лет.

Римская держава имела мало промышленных товаров, сравнимых по цене и спросу с китайским шелком. Поэтому римлянам (а позднее грекам-ромеям) приходилось платить за шелк валютой, т. е. эта торговля была убыточна для западных империй. Это положение из-

менилось к концу VI в., когда в Византии было налажено (с помощью шпионажа и контрабанды) производство шелка.

7.24. Вдоль южного берега Евразии — от Персидского залива, вокруг Индии, через проливы Индонезии и вокруг Индокитая — шел морской Путь пряностей. Его западная часть (до Индии) действовала еще в шумерскую эпоху — за 2500 лет до н. э. Восточную часть (мимо необжитых берегов Индокитая) начали использовать только в конце эпохи Хань — в I—II вв. н. э. — после того, как китайцы освоили долину Янцзы и проникли во Вьетнам.

Путь пряностей стал более дешевой и безопасной дорогой из Китая в Иран. Прямого доступа во владения Рима китайцы не имели, хотя долго искали такого контакта в обход Ирана.

7.25. Империя Хань была заинтересована в прямых торговых контактах с Римской империей. Римляне очень нуждались в дешевом шелке. Но наладить дипломатические связи, минуя зону, подвластную Ирану, ни китайцам, ни римлянам не удалось. Лишь изредка отдельным послам удавалось добраться из Китая в Рим или обратно. Например, таких послов посылал на Запад полководец Бань Чао (около 100 г. н. э.), а на Восток — император Адриан (около 130 г. н. э.).

7.26. Подобно Сыма Цяню, Плутарх группировал исторических деятелей по их профессиям и степени успеха в делах. Например, удачливый реформатор Спарты Ликург объединен с римским царем-законодателем Нумой Помпилием, неподкупный афинянин Аристид — с Марком Катонем, а неудачливые реформаторы Спарты — цари Агис и Клеомен — с братьями Гракхами. Величайший оратор Эллады Демосфен объединен с Цицероном, основатель греческой империи Александр — с Цезарем.

7.27. Нетрудно подсчитать, что средняя разница в датах жизни схожих деятелей Эллады и Рима составляет около 300 лет. Такая разность сроков выхода римлян и эллинов на мировую арену, она сохранялась и в дальнейшем развитии этих народов. А. Тойнби и Л. Гумилёв сделали из таких фактов вывод о едином *ритме* эволюции народов (этносов) или цивилизаций в мировой истории.

7.28. Центральные государственные библиотеки, конечно, были, но в Риме (в отличие от Китая) было много *публичных* библиотек, основанных просвещенными богачами (вроде Мецената — сподвижника Августа). Состав книг библиотек в двух империях разли-

чался незначительно. Большое отличие заметно в форме рукописей: в Риме они были написаны на пергаменте, в Китае — на шелке либо на бамбуковых дощечках.

7.29. Имперские карты были, как правило, пособиями для рядового путешественника. Оттого на них указаны придорожные гостиницы и почтовые станции, но масштаб изображения географических объектов искажен порой чудовищно. Научные карты с точным масштабом (вроде нарисованной Клавдием Птолемеем) были редкостью.

7.30. Как всякий энциклопедист, Плиний был усердным чтецом книг и любителем всяческих наблюдений над природой. Показательна его гибель: он отравился серными газами, наблюдая извержение Везувия в 79 г. н. э.

7.31. Имперские ученые были скорее энциклопедистами: они старались все перечислить, описать и привести в систему, но не стремились все объяснить путем *моделей*. Такова разница между астрономами Евдоксом и Клавдием Птолемеем, между натуралистами Платоном и Плинием, между историками Фукидидом и Титом Ливием.

7.32. Китайские астрономы очень похожи на вавилонских и совсем не похожи на греческих. Они составляли подробные таблицы движения небесных тел и делали по ним разнообразные прогнозы, включая погоду, урожай и даже политические события. Но строить *модели* неба, светил или атмосферы в Китае было не принято.

7.33. Гиппократ работал в конце V в. до н. э. — в эпоху Сократа. Он создал на острове Кос первую *школу* для врачей и лечил болезни так же, как Сократ учил юношей: минимально вмешиваясь в природный процесс выздоровления.

Гален жил в конце II в. н. э., при Марке Аврелии когда античная философия пришла в упадок и воцарился римский практицизм. Самое замечательное достижение Галена — точный атлас анатомии человека и некоторых животных.

7.34. В описательных науках с большим числом наблюдаемых переменных величин (таковы все ветви биологии и география) гораздо сложнее строить удачные *модели* явлений. В исторической науке построение моделей облегчается большим числом *экспериментов*, случайно или намеренно поставленных в ходе политической борьбы.

7.35. Например, понятие Фэн (ветер) означало, кроме ветра в атмосфере, любые бурные изменения в иных стихиях: наводнения, народные восстания, появление комет или новых звезд. Китайские натурфилософы считали, что общая природная причина (подобная одной из «идей» Платона) вызывает множественные изменения сразу во всех сферах. На таком основании они делали астрономические предсказания по новинкам в народном фольклоре, по вспышкам мутаций у растений или животных и т. п. Еще чаще делались обратные предсказания: политических переворотов по появлению комет и т. п.

7.36. Физика делит все природные процессы на *предсказуемые* (но не управляемые) и управляемые (но не поддающиеся прогнозу). Лао-цзы был настоящий физик: он старался построить единую модель природы, по которой можно предсказывать будущие события. Но управлять этими событиями Лао-цзы не пытался, сознавая, что это удастся только в особых ситуациях, когда природа сосредоточила в распоряжении управляющего человека много особых ресурсов — «энергию» или что-то подобное (Лао-цзы называл эту стихию Дэ).

Конфуций, напротив, старался *управлять* деятельностью людей и народов — то есть, оценив находящийся в их распоряжении ресурс Дэ, рекомендовать им тихое поведение либо решительные действия. Чаще встречались ситуации первого рода; поэтому Конфуция лучше запомнили как усмирителя страстей, чем как зовущего учеников к подвигам.

7.37. Причина такой разницы — в активном, быстро меняющемся содержании греческой натурфилософии и в более консервативной позиции натурфилософов Китая. Остановка развития греческой натурфилософии (когда наличных методов математики не хватило для новых крупных открытий) привела к разочарованию учеников и деградации научных школ. В Китае состояние научного или политического застоя (наравне с более редким прогрессом в науке или политике) рассматривалось как естественное и неизбежное.

7.38. Видимо, главная причина отсутствия официальной религии в Китае (по сравнению с Индией или Ближним Востоком) — в гораздо меньшем *разнообразии* народов и культур в имперскую эпоху Хань. Необыкновенная личность Христа и быстро нарастающая сложность христианской догматики оказались необходимы для эмоционального и интеллектуального сплочения очень разномыслящих жителей Средиземноморья.

7.39. Социальный кризис II в. в империи Хань неизбежно вызвал не только крестьянские восстания, но и религиозную оппозицию официальному конфуцианству. Проповедники-*даосы* предсказывали скорое крушение «Синего неба угнетения» и торжество «Желтого неба справедливости». Отличие религии даосов от христианства — в гораздо меньшем индивидуализме. Воспитанные в традициях Лао-цзы, античные китайские бунтари не сумели или не решились воплотить свой идеал в личности Богочеловека. Это сделали в XIX веке другие бунтари — тайпины, уже знакомые с христианами Европы.

7.40. Ван Ман был образцовым министром-конфуцианцем. Поняв, что империя Хань переживает кризис и может погибнуть от неразумной экономической политики двора, он решил излечить державу *противоположной* политикой — вернув ее от денежного обращения к товарообмену, запретив продажу земли, но не отказываясь от контроля чиновников над земледельцами. Не сумев убедить юного императора в неизбежности такой реформы, Ван Ман сверг царя и заявил, что Небо вручило ему право управлять Поднебесной.

Так Ван Ман пытался сочетать в эксперименте учение Конфуция о «доброй старине» как идеальном устройстве общества с необходимостью реформ для *разрядки* огромного запаса Дэ, накопленного в Поднебесной за 200 лет владычества Хань. Он ошибся только в наиболее вероятной *форме* разрядки. Вместо реформ вспыхнула революция «Красных бровей», которая свергла режим Ван Мана и переросла в гражданскую войну, принесшую огромные разрушения. После истощения революционных страстей империя Хань возродилась и существовала еще 150 лет.

8. Наука в Темные века

8.1. В Китае Темные века начались с восстания «Желтых повязок» и гибели династии Хань (183 г.) и закончились с появлением национальных китайских царств (Бэй Чжоу и Бэй Ци) в середине V в. В Риме Темные века начались с распадом античной империи Диоклетиана (310 г.) и завершились в начале VII в. (когда папа Григорий I начал возрождать Католический интернационал независимо от имперской власти).

В обоих случаях Темные века продолжались около трех столетий, а предыдущая имперская эпоха — около четырех столетий.

В Индии Темные века соответствуют трехвековому владычеству варваров-кушан, между распадом Греко-Бактрийской державы и рождением царства Гуптов (I в. до н. э. — III в. н. э.). Но греко-бактрийская эпоха (вместе с предыдущей эпохой империи Маурья) длилась 300 лет — меньше, чем в Китае.

8.2. Никакого «прогресса» варваров в пору их торжества над бывшими империями не было. Каждый раз за ускоренное развитие своей государственности победители-варвары расплачивались утратой национальной культуры и этнического единства, не получая равноценной замены, пока не принимали какую-либо мировую религию.

8.3. Платон считал сложившийся в Афинах симбиоз ученого общества со светской властью явлением нормальным и вечным. Августин наблюдал гибель «вечного города» Римской державы, но был уверен, что христианское сообщество сохранится и в этих условиях. Так возникла идея о вечном «граде Божием», который скрепляют не общественные договоры, а Божия воля. Вероятно, Платон также был убежден в бессмертии «града ученого», но связывал это не с волей богов, а скорее с волей Судьбы.

8.4. Этим центром стала Александрия Египетская — главный центр интеллектуальной культуры Востока в пору Римской империи, оппозиционный к правящему Риму или Константинополю. Здесь духовная власть философов-эллинистов естественно перешла в руки их учеников — просвещенных христиан.

8.5. Династию Хань свергли крестьяне с желтыми повязками, которые верили в скорую смену мирового порядка: «Желтое небо справедливости» сменит «Синее небо угнетения». Вожди крестьян — монахи-даосы вели пропаганду в том же стиле, что христиане, но в религии даосов отсутствовал образ божества, подобный Христу.

8.6. Роль «внешних варваров» (гóтов и гуннов на западе, хуннов и табгачей на востоке) действительно схожа. Но если на западе идеологи «внутреннего пролетариата» (христиане) сумели построить новый мир из варваров и подчиненных ими римлян, то на востоке даосам это не удалось.

8.7. Сначала православие и соперничавшие с ним ереси развивались в одном центре — Александрии. Когда оплотом православия стал правящий Константинополь, расцвет ересей продолжился во всех прочих интеллектуальных центрах Востока (Александрии, Антиохии и др.).

8.8. Арианство кажется более простым и логичным, например, в догмате об отношении Бога Сына к Богу Отцу. Но именно эта разница способствовала более широкой популярности *православия* среди ущемленного, мистически настроенного большинства жителей Римской державы. Потеряв веру в империю, ее подданные жаждали не знания, но чуда.

8.9. Все варианты христианства логически противоречивы, и естественный *отбор* среди них шел по признаку наибольшей *популярности* в низах общества. Несторианство и монофизитство обрели признание на востоке империи (в Сирии и Египте) именно потому, что выступали против официальной идеологии — православия. Арианство сохранило популярность в Европе среди варваров (гóтов и вáндалов), которые также не любили имперскую власть.

8.10. Объяснение, видимо, таково: буддизм (как *мировая* религия) был усвоен пришельцами-варварами, основавшими царство Кушан. Династия Гупта подняла восстание против Кушан под знаменем *национальной* религии — обновленного индуизма.

8.11. Первым христианским проповедником был близок Платон с его «идеями», которые постижимы только умственным взором. Логичный и скептический Аристотель казался ранним христианам слишком умствующим. Но с развитием христианской догматики и богословия Аристотеля начали ценить все больше, и в XIII в. (благодаря усилиям Фомы Аквинского) его популярность у богословов католической Европы опередила популярность Платона.

8.12. Начало борьбы слабеющей империи с новыми могучими варварами (готами и гуннами) лучше всего описано в сочинениях *грека* Аммиána Марцеллина, посвященных войнам императора Юлиána Отступника (360-е годы). Конец этой борьбы (в эпоху Юстиниана I, 560-е годы) описан *ромеем* Прокопием — секретарем православного полководца Велизария. Точку зрения персов на эти войны отразил поэт и историк Фирдоуси в поэме «Шахнаме» 5 веков спустя.

8.13. Обе эти религии привлекали внимание варваров — хуннов, тангутов и табгачей. Именно поэтому китайцы не хотели их перенимать, предпочитая традиционную картину мира (конфуцианскую или даосскую). Эта ситуация напоминает ситуацию в Индии, где буддизм утратил позиции, когда к нему склонились варвары-кушаны. Нечто подобное произошло в Западной Европе с арианством:

став религией независимых гóтов, оно вызвало отторжение большинства подданных империи.

8.14. Автор «Истории франков» Григорий происходил из знатной имперской семьи. Он рано вступил в ряды христианского духовенства, преследуя цель утвердить единство всех жителей Европы в рамках «града Божиего» (по проекту Августина). Будучи епископом города Тура, он наблюдал католическое государство франков в конце первого столетия его существования (VI в.). Сравнивая дела язычника Мерове́га, его крещеного внука Хлодвига и распри среди наследников Хлодвига, Григорий пришел к выводу, что крещеные варвары лучше некрещеных даже в своих злодеяниях.

8.15. В столичном Константинополе IV—V вв. ученая мысль развивалась только в рамках православного богословия. В Александрии, не причастной к имперской власти, язычники-эллинисты сохраняли свое влияние до тех пор, пока местные сектанты (монофизиты) противостояли столичному православию. Но как только православные победили в Александрии (в начале V в.), ученые-язычники были подавлены наряду с прочей оппозицией.

8.16. Изгоняемые из Индии индуистами в эпоху царей Гуптов, буддийские монахи осваивали территории вдоль главных торговых путей — Шелкового (через степь) и морского Пути пряностей. Так буддийская проповедь добилась больших успехов в Индонезии и Индокитае (особенно на Суматре и в Камбодже), а также в Монголии и многих варварских царствах на территории Китая.

8.17. Сырьем для первых компасов служил природный магнитный железняк. Из него вытачивали фигурки и ставили их на шарнирное основание: получалась «фигура, указывающая на юг». Согласно китайской модели мира, юг — самая священная из стран света.

8.18. Один из таких ученых — Цзу Чун-чжи жил в конце V в., одновременно с индийцем Арьябхатой. Он нашел приближенное значение числа π (355/113), которое отличается от истинного лишь в седьмом десятичном знаке. Однако компас в державе Хань был известен гораздо раньше: возможно, Цзу Чун-чжи в чем-то усовершенствовал этот прибор.

8.19. Согласно легенде, монах, будучи чем-то обижен, забился в угол и стал рвать на себе одежду. Он жевал ее клочья и плевался ими на горячую печь. Позднее, придя в себя, он обнаружил, что его плевки склеились в плотный лист, на котором можно писать. Эта

легенда правдоподобна. Китайцы изготавливали бумагу в основном из растительных волокон, добавляя старые тряпки в общую массу и тщательно перемалывая ее.

8.20. Главное отличие фарфора от керамики в том, что он подвергается очень сильному нагреву (до 1300°C), причем плавятся даже кварцевые зерна и получается однородная каменная масса. Обычная керамика нагревается при обжиге не выше 900°C , поэтому плавится только глазурь (стекло), которой покрыты изделия. Для изготовления фарфора нужна особая глина (*каолин*) и печь-домна (как для плавки железа). Первые печи такого рода появились в Китае в эпоху Тан, в VIII в.

8.21. Селитра (аммиачная, натриевая или калийная) при нагреве выделяет кислород. Сера легко соединяется с кислородом, разогревая общую массу и поджигая уголь. Соединение угля с кислородом дает наибольшее количество тепла.

8.22. Черный порох горит сравнительно медленно; если газы, выделяющиеся при его горении, могут легко расширяться, то никакого взрыва не будет. Если порох горит в замкнутом пространстве, то расширяющиеся газы создают давление, которое разрывает полость.

Гораздо быстрее пороха горят *бризантные* вещества, например азотнокислая («гремучая») ртуть или нитроцеллюлоза (*пироксилин*). Они взрываются даже на открытом воздухе, из них изготавливаются капсюли для патронов и взрыватели мин.

8.23. «Греческий огонь» отличался от пороха тем, что в его состав входила нефть (вместо угольного порошка). Поэтому он был жидкий и плавал на поверхности воды, не переставая гореть. Изготовить порох труднее: надо очень равномерно перемешать растертые в порошок селитру, уголь и серу, избежав нечаянного взрыва (вследствие нагрева смеси).

8.24. Вместо угольного порошка в *термите* используются порошки легко горящих *металлов* (магния, алюминия). Они создают температуру до 1500°C , так что термитный снаряд прожигает даже железные листы. Способ тушения один и тот же: охлаждение горячей зоны водой или песком. Но пламя термита разлагает воду, поэтому тушение водой противопоказано.

8.25. Главная проблема — *направленный* полет ракет или пушечных ядер. Ракета не рассчитана на меткую стрельбу: ее пускали без прицела, стремясь напугать врага. Пушечный ствол для меткого вы-

стрела должен быть изготовлен очень точно: иметь постоянную ширину канала, ровные стенки и т. п. Изготовление медной или железной трубы с такими свойствами — сложная задача.

8.26. Первое успешное применение «греческого огня» произошло в Константинополе в 670-е годы, когда город был блокирован с моря арабским флотом халифа Муавии. Огнеметы с греческих судов уничтожили арабский флот. Пороховые ракеты успешно применялись армией империи Тан против конных степняков в VII—IX вв. Первые китайские пушки появились в империи Сун в XI или XII в. Но самым эффективным способом применения пороха оставались мины: их закладывали под стены осаждаемого города и взрывом пробивали брешь.

8.27. *Nemo iudex in causa sua* — никто не судья в своем деле. *Res nulli* — вещь ничья (потерянная). *Ubi pater sum, ibi patria* — где я отец, там моя отчизна.

8.28. Это роман «Троецарствие» («Сань Го»), написанный Ло Гуань-чжуном в конце XIV в. Тогда китайцы только что свергли власть монгольской династии Юань (1368 г.) и установили национальную династию Мин. Патриотический пафос книги «Сань Го» пленяет китайцев и в наши дни.

8.29. Обе эти религии одинаково привлекали людей, утомленных и угнетенных государственной властью и официальной религией. Но более простой ислам лучше подходил варварам — пустынным или степным кочевникам. Если бы ислам стал известен еще в VIII в. некрещеным варварам Европы (славянам, литовцам, скандинавам), то многие, вероятно, предпочли бы его более сложному христианству. В таком случае «исламская» Европа могла бы стать равносильной католической Европе.

8.30. Конечно, такой вариант возможен. В этом случае Ближний Восток стал бы ареной *равного* соперничества *нескольких* христианских ересей и разных толков буддизма. Предсказать победу одного из этих течений невозможно; более вероятен религиозный плюрализм, вроде того, который сложился в Индии.

8.31. Православие — самый *сложный* вариант христианства; он возник и победил в просвещенной Александрии. Если бы правители Константинополя выбрали *более* простой вариант христианства и объявили его (хотя бы арианство) государственной религией, то православие стало бы ересью, и Египет отделился бы от империи

под этим знаменем. В итоге православие могло стать общей религией Сирии, Аравии и Ирана, а Византия и Западная Европа объединились бы под знаменем арианства или монофизитства.

8.32. Вероятность такого синтеза кажется весьма малой: ведь всякая вера варваров (в том числе буддизм) для большинства китайцев была неприемлема. Но если бы варвары-буддисты (индийцы или табгачи) явно превзошли китайских грамотеев в налаживании государственного хозяйства или в технической культуре, то ранее побежденные конфуцианцами «еретики» — даосы могли бы синтезировать свою веру с буддизмом.

Нечто подобное случилось в Китае в XIX в.: тогда произошел синтез даосизма с христианством и родилась народная религия повстанцев-тайпинов.

8.33. Видимо, такой синтез был возможен в Иране между «народным» вариантом зороастризма (по схеме Маздака) и одной из христианских ересей (например, несторианством). Такая интернациональная религия могла бы выполнить ту же функцию, которую выполнил ислам; но в этом случае с самого начала родился бы персидский (а не арабский) Халифат.

8.34. Одной из таких репетиций была религиозная революция Маздака в Иране (490—530). Другой пример — попытка отделения Египта и Сирии от Византии под знаменами монофизитов и несториан: оно не состоялось благодаря военным действиям Юстиниана. Каждый раз революция терпела неудачу из-за активности правверных персов либо ромеев, не отвлеченных иными усилиями. Только *обоюдное истощение* этих держав в 630-е годы привело к успеху ислама.

8.35. Видимо, такой вариант был исключен, поскольку в эту эпоху христиане нигде (даже в Средиземноморье) не превосходили иноверцев в техническом прогрессе или государственной организации. Вариант тайпинов, XIX в., см. в решении задачи 8.32.

9. Наука в средневековых державах

9.1. Фактическим основателем Византии стал Ираклий — полководец, избранный императором в 610 г. Он отразил двойной удар по Константинополю, который нанесли персы и авары в 626 г. Оставив столицу на попечение патриарха Сергия, Ираклий с отборным вой-

ском совершил морской десант в тыл персов. Высадившись в районе Батуми, он прошел до Северного Двуречья и осадил персидскую столицу Ктесифон на Тигре. После этого персы отступили от Константинополя.

Империю Тан основали китайские пограничные воеводы — Ли Юань и его сын Ли Ши-минь в 618 г. Они разбили войска, верные правившей династии Суй, и перебили придворных евнухов, а затем отразили набеги кочевых тюрок на Китай и установили контроль Китая над Восточной Степью.

Основателем Халифата стал Омар — один из первых сподвижников Мухаммеда, скромный фанатик и талантливый полководец. Под его руководством арабы отвоевали у Византии Сирию и Египет.

Из этих трех правителей самым образованным был Ли Ши-минь. Он расширил дворцовую библиотеку и регулярно посылал исследовательские экспедиции в пограничные страны — до Ферганы на западе, до Индии и Цейлона на юге. Иракий уважал ученых, но сам наукой не занимался. Омар искренне считал, что науки не нужны: все, что нужно знать верующему, сказано в Коране.

9.2. Главная причина в том, что правители Тан и Византии не унаследовали серьезной *традиции* в естественных науках. Со времен первого Вселенского Собора (325 г.) христианские императоры уделяли внимание только тем наукам, которые связаны с богословием. Китайские императоры со времен Хань поддерживали только ученых конфуцианского направления или знатоков прикладных наук: географии, экономики, астрологии, химии.

Напротив, в Халифате правители и богословы долгое время не вмешивались в деятельность ученых.

9.3. Математикой (т. е. «учением») в Византии называли искусство гадания о будущих событиях по природным явлениям. Напротив, геометрия и арифметика были уважаемыми науками, хотя увлекались ими немногие настоящие ученые.

9.4. Цинь Ши хуанди приказал сохранить книги, посвященные сельскому хозяйству и любым ремеслам, а также гадательные книги. Этот тиран был суеверен и считал, что магия способна сделать человека всеведущим и бессмертным.

9.5. Обязательные экзамены для будущих чиновников ввел около 100 г. до н. э. император Хань У-ди (современник историка Сыма Цяня). Преемники У-ди сохраняли эту систему при всех политиче-

ских переворотах, так как никто не мог обойтись без грамотных чиновников. До начала XX в. программа экзаменов менялась незначительно: нужно было знать книги Конфуция почти наизусть и уметь их комментировать.

9.6. Этот монах (И Син) занимался астрономией. Он впервые в Китае измерил длину одного градуса меридиана Земли.

9.7. В 1054 г. на небе появилась *сверхновая* звезда, которая была видна даже днем в течение двух месяцев. Позднее ее газовая оболочка превратилась в Крабовидную туманность, которая видна и сейчас. Она является самым мощным источником радиоизлучения на небе (после Солнца). В центре этой туманности обнаружена быстро вращающаяся нейтронная звезда (пульсар).

9.8. Такие записи, несомненно, были, но они не сохранились до наших дней, поскольку в Византии астрономам было запрещено гадать о политических событиях по небесным явлениям. Кроме того, середина XI в. отмечена в Византии чередой гражданских войн, что не способствовало расцвету наук (кроме истории).

9.9. В Багдаде правили халифы Гарун ар-Рашид и его сын Маамун. Во Франции правил Карл Великий, при его дворе работал гуманитарный кружок ученого Алкуина. В Болгарии правил хан Крум: он успешно соперничал с императорами Византии, где шла гражданская война между иконоборцами и иконопочитателями. Империя Тан медленно восстанавливалась после военного мятежа Ань Лу-шаня.

9.10. «Аль-Кéми» в переводе с арабского означает «черная» и «египетская». Так арабы называли землю Египта и все ремесла, в которых были искусны египтяне. Химия стояла на первом месте среди этих ремесел: ею много веков занимались бальзамировщики мумий.

9.11. Джабир считал *ртуть* носителем металлических свойств всех веществ, а *серу* — носителем противоположных свойств. Он не видел нужды выделять иные стихии, но его преемники выделили *соль* как носитель иных свойств твердых веществ. Как ни странно, алхимики Халифата не пытались выделить иные *жидкие* стихии, кроме воды, хотя спирт (*аль-кохоль*) они знали и понимали, что он не является водным раствором какого-либо вещества.

9.12. Пророк Мухаммед запретил мусульманам пить опьяняющие напитки. Это считалось тяжким грехом в Аравии и во всех суннитских странах. Но в шиитском Иране виноделие уцелело.

9.13. Это латинское слово означает «касательная». Именно таков геометрический смысл тангенса угла: длина отрезка касательной прямой к окружности между точкой касания и точкой пересечения касательной с продолжением радиуса данного угла.

9.14. Это результат ошибки малосведущего переводчика с арабского языка на латынь. Хорезмий точно перевел греческий термин «хорда» (веревка, струна, тетива) арабским термином «джейяб». Но европейский переводчик в XII в. ошибочно прочел *огласовку* арабского слова (которая указывает на произношение гласных) и вместо «джейяб» получил «джйба». Это слово по-арабски значит «залив», «бухта».

9.15. Главным предшественником Хорезмий был Гиппарх; в меньшей мере Эратосфен и Клавдий Птолемей. Преемниками Хорезмий стали сначала арабские алгебраисты и астрономы (Омар Хайям в XII в., Насирэддин Туси в XIII в.), а затем итальянские алгебраисты XVI в. (Ферро, Кардано, Тарталья), которым удалось решить общее кубическое уравнение.

9.16. Маамун интересовался всеми религиями, похожими на ислам: христианством, иудаизмом и зороастризмом. При нем в Багдаде происходили не только научные диспуты с участием ученых-иноверцев (греков, персов, евреев), но даже диспуты, посвященные сравнению разных религий. На фоне этих «безобразий» странные поступки Гаруна ар-Рашида (например, ночные прогулки переодетого халифа по улицам Багдада без охраны) казались богословам пустяком.

9.17. Арабские математики (например, Омар Хайям) пытались решить отдельные кубические уравнения *графически* — находя их решения как точки пересечения парабол и окружностей. В некоторых случаях это удавалось. Кстати, слово «формула» неуместно для той эпохи: вернее говорить об *алгоритме* решения, записанном словами и включающем вычисления наравне с геометрическими построениями.

9.18. Это слова исламского богослова XII в., монаха из ордена суфиев. Учение суфиев не было единственным или господствующим в рамках ислама, поэтому высказанный запрет не привел к повсеместному подавлению математических исследований.

9.19. Альхазэн имел несчастье работать в Египте, где правил халиф Хаким — опасный маньяк. Халиф требовал от ученого-оптика, чтобы тот построил машину, регулируемую разливы Нила. Не

имея возможности бежать и опасаясь казни, Альхазэн притворился безумным: он постоянно твердил явные глупости о Ниле и симулировал приступы эпилепсии. В таком состоянии Альхазэн дождался, пока халифа убили заговорщики.

9.20. Гияс ад-Дин Абу-ль-Фатх Омар ибн Ибрахим аль-Хайям ан-най-Сабури — таково полное имя поэта и ученого Омара Хайяма. В перерывах между астрономическими наблюдениями и расчетами он сочинял короткие стихи (рубай) на родном персидском языке. В стихах он добродушно или горько шутил над людьми, которые увлечены погоней за деньгами, славой или благочестием и пренебрегают простыми радостями жизни. Например:

Жизнь сотворив, Ты создал смерть затем.
Назначил гибель Ты своим созданьям всем.
Ты плохо их создал? Так кто ж тому виною?
А если хорошо — ломаешь их зачем?

* * *

Оказавшись среди важных ученых ослов,
Постарайся ослом показаться, без слов.
Ибо каждого, кто не осел, эти дурни
Обвиняют немедля в подрыве основ!

9.21. В Нишапуре (Иран) — врач Авиценна и геолог Бируни; в Гázне (Афганистан) — поэт-историк Фирдоуси и султан Махмуд Газневи; в Константинополе — император Василий II Болгаробойца; в Риме — ученый папа Сильвестр II и император Оттон III; в Киеве — князь Владимир Креститель; в Норвегии — викинги Эрик Рыжий и Лейф Везучий, открывшие Гренландию и Северную Америку. В Китае в это время жили изобретатели пороховых мин и типографского шрифта (из керамики).

Альхазен переписывался с Авиценной и Бируни, но не был знаком с Фирдоуси.

9.22. В Иране тогда правили турецкие султаны Альп-Арслан и Малик-Шах, а также их бессменный визирь — перс Низам-аль-Мульк. Во Франции начался богословский спор между вольнодумцем Пьером Абеляром и Бернаром из Клерво. В Византии император Алексей I Комнин возрождал державу, балансируя между турками-сельджуками и крестоносцами. В Иерусалиме правил король-католик Боуэн Фландрский, в Англии — король Генрих I, получивший прозви-

ще Лев Правосудия, в Киеве — князь Владимир Грозные Очи (Мономах), а в Грузии — царь Давид IV Строитель. Тогда же Хасан ас-Сабáх основал в иранской крепости Аламút религиозный орден исмаилитов (*ассасинов*).

Омар Хайям был знаком (видимо, с детства) с визирем Низам-аль-Мульком и служил султану Малик-Шаху как придворный астроном. Он провел реформу персидского календаря.

9.23. Кроме медицины и химии, Авиценна (Хасан абу Али ибн Синá) написал много трактатов гуманитарного содержания. В них он исследовал психологию человека и систему законов, сравнивал филологию ближневосточных языков (арабского, персидского, турецкого). Он также интересовался математикой и астрономией, т. е. был типичным гуманистом эпохи исламского Возрождения.

9.24. Вероятно, врач Авиценна отстаивал бы первенство гуманитарных наук, позволяющих человеку выжить и сохранить разум в мире, полном войн и нетерпимости. Астроном Хорезми, видимо, отстаивал бы превосходство точных знаний о природе над ненадежными словесными суждениями.

9.25. Хорезми работал в Багдаде при дворе халифа Гаруна (Аббасида), единственного тогда в исламском мире. Альхазен работал в Каире при дворе халифа Хакима из династии Фатимидов, соперничавших с Аббасидами из Багдада. Фирдоуси работал в Газне (Северный Афганистан) при дворе султана Махмуда, который был тюрком. Омар Хайям служил придворным астрономом в Нишапуре — столице нового султаната тюрок-сельджуков. Распад Халифата и передел власти между новыми исламскими народами шли одновременно с бурным прогрессом исламской науки.

9.26. Путешественники ибн-Фадлун и ибн-Хордадбех в X в. дали первые описания Руси и Северной Европы. В XII в. сицилиец Мухаммад Идриси составил географическую энциклопедию Западной Европы, Средиземноморья и Северной Африки. В XIV в. марокканец ибн-Баттута за 30 лет посетил и описал все земли, где живут мусульмане, — включая Золотую Орду, Иран, Китай, Индонезию, Индию, Сомали, Кению и Судан.

9.27. Полнее всего описаны две эпохи: легендарных племенных вождей и витязей (Кей-Кубад, Кавус, Ростом и др.), а также царей из последней династии Сасанидов (от первого — Ардашера до последнего — Ездгерда III). На этих примерах Фирдоуси изучал и воспевал

черты национального характера персов, проявившиеся в двух разных обществах: варварском и имперском.

9.28. Любимые герои Фирдоуси в первой части поэмы — мудрый богатырь Ростóm и кузнец Ковá, который возглавил восстание против жестокого царя Захóка. Во второй (имперской) части поэт явно симпатизирует полководцу Бахрáму Чубинá, который сперва отразил нашествие тюрок (589 г.), а потом поднял восстание против самовластного шаха Хосрова II и погиб в бою.

9.29. Мухаммед Табари был скорее *летописец* молодого исламского мира, чем историк: он старался сохранить для потомков деяния персидских царей, подвиги ранних мусульман и дела властителей-халифов. Фирдоуси был *патриотом* персидского народа: он демонстрировал новым персам-мусульманам подвиги их далеких пращуров и призывал к возрождению национального единства. Ибн Хальдун писал *сравнительную* историю разных народов исламского мира и степных кочевников: его интересовали общие законы развития государств и те дела, которые могут совершить в рамках этих законов разные народы.

9.30. Видимо, каждый из этих историков упрекнул бы Геродота за то, что он описал только одну короткую эпоху взаимодействия двух молодых народов — персов и греков. Фирдоуси и ибн Хальдун считали наивысшим счастьем для историка возможность сравнить ход событий и дела людей на протяжении нескольких веков.

9.31. В конце жизни ибн Хальдун встретился в Дамаске с эмиром Тимуром, который только что отвоевал этот город у Османов, разгромив султана Баязéта при Анкаре (1402 г.). Незадолго до этого Тимур разбил хана Тохтамыша (1395 г.) и назначил правителем Золотой Орды монгольского эмира Едигея. В это время в Вильнюсе правил князь Витовт — союзник Тохтамыша, недавно (1395 г.) захвативший Смоленск. Королем Польши был Ягайло — двоюродный брат Витовта и его соперник. В Москве правил князь Василий I (сын Дмитрия Донского и зять Витовта); Сергей Радонежский уже умер (1392 г.). В Англии правил Генрих IV Ланкастер, недавно (1399 г.) свергший Ричарда II Плантагенета.

9.32. Такова персидская поэзия: персидский язык господствовал в исламской поэзии в течение многих веков. Далее, культура конной езды и конного боя: арабы переняли ее у персов при завоевании Ирана, прежде они ездили верхом на верблюдах и сражались в пе-

шем строю. Наконец, персидская традиция исторической мысли: на ней выросли все историки Халифата, от Табари до ибн Хальдуна.

9.33. Греческая наука (математика, естествознание и философия); многие греческие ремесла (например, изготовление пергамента и шелка) и греческое мореплавание.

9.34. Индийская позиционная система записи целых чисел; выращивание сахарного тростника и производство сахара, а также игра в шахматы.

9.35. Изготовление бумаги, шелка и пороха; компас и арбалет, прежде неизвестные на Ближнем Востоке; выращивание риса на затопленных полях Двуречья (Савáда) и Египта (Кéми).

9.36. Персы: политик-революционер Абú-Муслím, поэт Хафíz, историки Табарí Фирдоусí. Согдийцы (таджики): математик Хорезмí, врач Авиценна, геолог Бирунí. Сирийцы: моряки первого исламского флота, осаждавшего Константинополь в 672—678 гг. Египтянин: физик Альхазэн. Тюрки: султаны Махмуд Газневí, Альп-Арслан Сельджук, Нураддин Сирийский. Курд: султан Юсуф бен Эюб Салáх-ад-дин (Саладин) в Египте.

9.37. В 900 г. границы исламской ойкумены совпадали с границами Халифата: они охватывали бывшие владения Рима (кроме Италии, Франции, Балкан и Малой Азии) и иранский мир (до границ Индии и Великой Степи). К 1400 г. исламский мир охватил Малую Азию и Балканы, западную Степь (до границ Китая), Индию и Индонезию. Все это плоды активности купцов-мусульман и пограничных султанов-тюрок.

9.38. В это время правитель Китая — принц Чжу-ди направил мореходов вдоль Пути пряностей, чтобы взять его под контроль Китая. Адмиралами этой эскадры были китайцы-мусульмане, сведущие в торговых делах вдоль южных берегов Азии. Эскадра под командой Чжэн Хэ побывала на Цейлоне, в Персидском заливе и достигла Мадагаскара, основав там китайские фактории и крепости.

9.39. Деятельность императорских военных эскадр оказалась *нерентабельна*: их снаряжение стоило дорого, а ценных товаров они привозили немного. Как только придворные бухгалтеры подсчитали это, снаряжение новых эскадр прекратилось. Частные купцы-китайцы предпочитали покупать товары не дальше Индонезии у местных мореходов-малайцев.

9.40. Речь идет о книге Ло Гуань-чжуна «Троецарствие» («Сань Го») — историческом романе, оригинально осмыслившем китайские летописи Смутного времени (III в. н. э.). Эту книгу можно сравнить с «Шахнаме» Фирдоуси.

Стимулом к написанию книги «Сань Го» послужила победа национальной китайской династии Мин над монгольской династией Юань в 1368 г.

10. Западная Европа в эпоху ученичества (от Герберта до Фибоначчи)

10.1. Алкуин был родом из Нортумбрии — северо-восточной Англии. Он много путешествовал по монастырям Европы и встретился с Карлом Великим в Риме.

10.2. Италики и бритты были крещеными с IV в., франки — с конца V в. Но большинство германцев и все славяне оставались тогда некрещеными. В течение IX в. были крещены жители Германии и западные славяне (болгары и чехи). В X в. началось крещение восточных славян (поляков и русских), а также скандинавов (сначала датчан, потом норвежцев). В конце X в. началось крещение мадьяр; некрещеными оставались только лесные жители Европы: литовцы и другие прибалты, а также эсты и финны.

10.3. Карл выучился читать по-латыни, но письмом так и не овладел, ибо привычная к мечу рука плохо рисовала буквы. Приближенные Карла занимались переводами латинских классиков на франкский язык, обсуждали изречения классиков и сами придумывали простые афоризмы. После смерти Карла его сподвижник Эйнгард написал по-латыни биографию монарха.

10.4. Будущий царь Болгарии Симеон в конце IX в. жил в Константинополе как заложник и посещал местный университет — Магнавр. Приняв власть, Симеон насаждал в Болгарии монастыри, добился учреждения патриархии, организовал переводы классиков с латыни или греческого на болгарский и сам редактировал эти тексты. Он даже пытался стать императором Византии, но неудачно.

В Киеве при Владимире Крестителе появилась первая библиотека, привезенная его женой — царевной Анной из Византии. Летопись сообщает, что Владимир устроил первые школы и «сам книги читал», т. е. был равен Карлу Великому в учености. Его сын Ярослав

Мудрый знал греческий язык и латынь, т. е. немногим уступал царю Симеону Просветителю.

10.5. Самое важное изменение, происшедшее между 800 и 950 гг., — расцвет *феодализма* в Западной Европе. Теперь грамотные священники появились при дворе каждого графа или барона; просвещение перестало быть чисто королевским делом и зависеть от любознательности одного монарха.

10.6. Новую державу — Священную Римскую империю германской нации — возродили саксы и другие германцы, которых прежде Карл Великий крестил мечом и огнем. Теперь они освоили начала феодальной государственности и церковной культуры и на этой основе смогли объединить бóльшую часть германоязычной Европы.

10.7. Во-первых, путь в Испанию через Пиренеи был ближе, чем в Константинополь по морю. Во-вторых, в X в. культурные различия между православным (Византия, Грузия, Болгария) и католическим миром стали столь велики, что ромеи казались франкам не ближе, чем сарацины. Уровень религиозной терпимости в Кордове был тогда выше, чем в Константинополе.

10.8. Карл Великий был единственным хозяином католической Европы, способным одолеть в войне любого варвара. Поэтому папы (притесняемые лангобардами и другими крещеными варварами) отдались под покровительство императора. В X в. в католической церкви началась Ключийская реформа; папы стремились стать независимыми владыками всей Италии. Оттого папы не приветствовали регулярные визиты в Рим германских императоров с их войсками.

10.9. Главными учебными предметами были богословие, латинская филология и римское право. Все это было необходимо для любого чиновника или феодала высокого класса. Самым любознательным юношам преподавали языки просвещенных народов: греческий, арабский, иврит — и начала математики.

10.10. Герберт был необычайно широко образован, по сравнению с большинством католиков своего времени. Этим он был подозрителен любому «князю церкви». Но короли новой Европы отчаянно нуждались в широкообразованных министрах, а таких людей умел воспитывать только Герберт в Реймсе.

10.11. Монастырь Ключи́ (в Бургундии) был основан монахом Одо в начале X в. Одо сразу ввел строгую дисциплину и совместное

хозяйство монахов — вроде того, которое учредил в XIV в. на Руси Сергей Радонежский. Оба они были крупными просветителями, хотя научных открытий не сделали и не стремились к этому.

10.12. В конце XI в. папа римский Григорий VII завершил Ключенскую реформу в католической церкви. Он ввел безбрачие всего духовенства, поэтому все церковное имущество попало под контроль высшего руководства церкви. Для подготовки церковной администрации Григорий VII учредил католический университет в Салерно (на основе медицинской школы). На севере Италии, в Болонье, университет возник около 1100 года как юридическая школа, с одобрения властей городской республики. В Париже университет возник в результате слияния нескольких богословских училищ под покровительством короля Филиппа II Августа. В Англии университеты Оксфорда и Кембриджа также возникли по инициативе церковников, с согласия королей (Генриха II и его сына Джона Безземельного).

10.13. Университет в Салерно вырос из арабской медицинской школы, возникшей в период арабского владычества над Южной Италией. Когда нормандцы отвоевали юг Италии (около 1080 г.), статус этой школы не изменился: профессорами остались мусульмане и иудеи, но среди учеников стало больше католиков. Потом школу взяли под контроль городские власти, и в ней появились профессора-католики.

10.14. Католические богословы XII в. обычно преподавали свой предмет, заставляя учеников заучивать тексты наизусть, не вступая с ними в свободную дискуссию. Абельяр был мастером Дискуссии и учил «в стиле Сократа». Но он был вольнодумец и учил других быть такими же — этого не мог стерпеть ни один богослов, ставящий интересы церкви выше интересов личности. Только Сутерий — аббат Сен Дени и премьер-министр королей Луи VI и Луи VII — создал заключенному Абельяру приемлемые условия для научной работы.

10.15. В Египте — физик Альхазен, в Иране — врач Авиценна и геолог Бируни, в Индии — математик Бхаскара́. Но Герберт вряд ли успел прочесть их труды, так как в библиотеках Кордовы преобладали труды греческих или латинских классиков и арабские комментарии к ним.

10.16. В конце X в. покровительство ученым стало модой в Византии и в державах — осколках Халифата. Даже безумный халиф Хахим покровительствовал Альхазену в Египте, а суровый воин Ма-

хмуд Газневи привлек в Афганистан Авиценну и Фирдоуси. Но самым искренним покровителем наук в это время был Аль-Мансур — визирь династии Омейядов, правившей в Кордове (Испания).

10.17. Абельяр готов был беседовать с любым вольнодумцем, особенно таким, который читал и комментировал Платона или Аристотеля. В исламском мире таких было много, но начавшиеся крестовые походы затруднили мирные контакты между учеными Востока и Запада. Например, Омар Хайям и Пьер Абельяр никогда не слышали друг о друге, хотя они легко договорились бы.

10.18. Здесь стоит учесть решение задачи 10.14.

10.19. Во Франции королем был просвещенный и властный Луи VI Толстый, а потом его набожный сын Луи VII, заслуживший прозвище Христианнейший король. В Англии правил законодатель Генрих I (Лев справедливости). Византией правил Алексей I Комнин — основатель новой династии, дочь которого (Анна Комнина) стала незаурядным историком и написала биографию своего отца.

10.20. Герберт был первым разведчиком в царстве исламской учености. Поэтому он интересовался всем, что попадало в руки: от музыки и арифметики до рассуждений Аристотеля. Все труды классиков он читал на языках оригинала — будь то греческий, арабский или еврейский.

Аделяр и Герардо отправились за Пиренеи с ясной целью: привезти на родину как можно более точные *переводы* тех классиков, которые (как стало ясно) наиболее ценны для просвещенных католиков: Платона, Аристотеля, Евклида, Птолемея, Галена, а также тех исламских ученых, которые развивали их труды (в первую очередь, тексты Хорезми и Авиценны).

10.21. Массовый переход католиков Европы на арабскую систему записи чисел произошел в XV в. и начался в банковских домах Италии (включая Мэдици). Такова была реакция *светских* пользователей арифметики на предъявленный им выбор. Напротив, церковники считали вредным разрыв с римской традицией даже в такой мелочи, как запись чисел. Оттого десятичная инициатива папы Сильвестра II в X в. не нашла подражателей.

10.22. После смерти папы Сильвестра появился анекдот: якобы по ночам на его могиле в соборе сами собой подпрыгивают игральные кости. Так реагировало обывденное сознание на «слишком уче-

ного» человека. В России похожие анекдоты были сложены в эпоху Петра I о его приближенном — артиллеристе и математике Брюсе.

10.23. Тема этого спецкурса была: «Топография Уэльса». Этот западный гористый полуостров Англии, заселенный непокорными кельтами, англичане тогда воспринимали, как россияне XVIII в. Сибирь или Кавказ.

10.24. Генрих II Английский (ученик Аделяра из Бата) содействовал расцвету университета в Оксфорде, а архиепископ Стефан Ленгтон основал университет в Кембридже (1209 г.). Луи VI Французский поддержал церковников Парижа, когда они боролись с Абеляром, а внук Луи VI — Филипп II помог церковникам централизовать преподавание богословия в Париже (1180 г.). О деятельности Луи IX Святого см. решение задачи 10.31.

10.25. Хартия Барбароссы 1160 г. дала университету Болоньи независимость от городских и иных местных властей. За год до этого (1159 г.) юристы Болоньи помогли императору составить «Кремónский статут», регулирующий отношения имперской власти с городами Италии. В это время Барбаросса боролся с папой Александром III за контроль над Италией, и помощь местных юристов была ему необходима.

Все университеты России были подчинены непосредственно императору указом Петра I (1724 г.) о создании в Петербурге Академии наук с университетом и гимназией.

10.26. Фридрих I Барбаросса выступал как *пользователь* университетской культуры, уже развившейся в городских коммунах Италии (см. решение задачи 10.25). Фридрих II Штауфен, основав университет в Неаполе (1224 г.), стал *творцом* новой «имперской» традиции в европейской системе образования.

10.27. Фридрих II вырос в городе Палермо на Сицилии — на стыке исламского мира с католическим. Здесь со времен арабского владычества система имперских чиновников укрощала баронов, а в городах процветали многочисленные банки и высокая культура быта (общественные бани, больницы и т. п.).

10.28. С детства Фридрих II свободно говорил и читал на латыни, греческом, арабском и южноитальянском языках. Он знал иврит, южнофранцузский (провансальский) и североитальянский (тосканский) языки, а также разговорный северофранцузский (па-

рижский) диалект. Позднее Фридрих научился понимать немецкий язык, но, видимо, плохо говорил на нем.

10.29. Фридрих II интересовался процессами пищеварения в организме человека. Чтобы разобраться в них, он приказывал убивать и вскрывать приговоренных к смерти преступников через разное время после принятия пищи. Он также пытался доказать или опровергнуть существование человеческой души. Для этого Фридрих приказал похоронить живьем одного из неприятных ему рыцарей, а затем публично разрыть могилу и проследить: вознесется ли к небу душа покойника.

10.30. Фридрих II Прусский старался привлечь в Берлинскую академию наук (существовавшую с 1700 г.) самых известных ученых Европы. Президентом Академии он назначил француза Мопертюи, руководителем отделения математики — швейцарца Эйлера, а после его отъезда — молодого Лагранжа из Турина. В конце XVIII в. Берлинская академия считалась в Европе третьей по рангу — после Парижской академии наук и Лондонского Королевского общества.

10.31. Робёр Сорбён был духовником короля Луи IX Святого и (по традициям этой должности) ректором Парижского университета. В 1260 г. он создал первое в католической Европе *общезитие* для бедных студентов (сначала на 40 мест). Вскоре Парижский университет стал самым многолюдным учебным заведением Европы: студенты прозвали его Сорбонной.

10.32. По традиции, *тривциум* (программа начальных курсов католического университета) включал грамматику, риторику и арифметику, т. е. умение грамотно писать, красиво говорить и правильно считать. *Квадривциум* (программа старших курсов) включал диалектику, музыку, геометрию и поэтику. Слово «*тривиальный*» в устах студентов значило «доступный даже первокурснику».

10.33. Августин старался угадать судьбу мира после того, как Римская империя перестала направлять его развитие, и пришел к выводу, что отныне миром станет править Христова церковь.

В эпоху Иннокентия III заповедь Августина стала реальностью для западных европейцев, но позиции церкви подтачивало вольнодумство. Поэтому папа считал своим долгом доказывать всем, что Бог не предназначил человека к гордыне и вольномыслию. Самый известный трактат папы Иннокентия — «О ничтожестве человека». Любимая книга его противника (императора Фридриха II) —

«О трех великих обманщиках: Моисее, Христе и Магомете». Не ясно, кто ее сочинил.

10.34. Сначала любознательные крестоносцы переняли у мусульман более высокую культуру *быта*: применение и изготовление мыла, бумаги, спирта, пряностей, арбалетов, а также систему общественных бань и больниц. Затем пришла очередь интеллектуальных увлечений: состязаний поэтов и шахматистов. Позже всего началось освоение наук, т. е. изучение античных текстов, сохранившихся в подлиннике или в арабском переводе, и комментариев к ним.

10.35. Согласно католической традиции, образцом рыцарственного правителя-мусульманина считался египетский султан Саладин (Юсуф бен Эюб Салах-ад-дин), родом курд. Разбив рыцарей-католиков при Тивериаде в 1187 г., Саладин взял Иерусалим, но не произвел при этом резни вроде той, которую учинили крестоносцы в 1099 г. После этого Саладин успешно отразил натиск рыцарей 3-го крестового похода, возглавляемых Ричардом Львиное Сердце и Филиппом II Французским. Вскоре Саладин умер — от болезни, а не от покушения боевиков ассасинов.

10.36. Архиепископ Кентерберийский Стефан Ленгтон был главой английской церкви и сам не вел научных исследований. Но в роли редактора «Великой хартии вольностей» (1215 г.) он создал важнейший образец средневекового гражданского права, а перед этим (1209 г.) добился организации второго английского университета — в Кембридже. Кроме того, Ленгтон придумал интересный метод повышения научного уровня преподавателей в английских университетах: нужно пригласить в Англию бездомных профессоров из Константинополя, разоренного крестоносцами в 1204 г.! Этот проект воплотил ученик Ленгтона — Роберт Гроссетест, епископ Линкольна.

10.37. В 1250 г. католические университеты существовали не менее чем в 15 городах Европы. Почти все они были столицами если не королевств (как Париж, Неаполь, Толедо) или республик (как Болонья), то герцогств или провинций. Исключением явилась Англия, где не было крупных городов, кроме Лондона, а власти не хотели держать университет в этом буйном городе. Так маленькие центры графств — Оксфорд и Кембридж стали столицами английской учености.

10.38. Отец Леонардо Фибоначчи был крупным купцом и вел торговлю с городами Северной Африки. Перенять арифметические и геометрические навыки мусульман в этой обстановке было легко.

10.39. Кроме «своих» чисел (которые стали первым обобщением арифметической и геометрической прогрессии), Фибоначчи интересовался другими прогрессиями. Он первый удивился тому факту, что *часть* бесконечного множества (ряд *квадратов* натуральных чисел) равна (в смысле однозначного соответствия) *всему* множеству. Занявшись решением уравнения Пифагора ($x^2 + y^2 = z^2$), Фибоначчи исследовал «большую теорему Ферма́» для степени 4. Все это свидетельствует о том, что Фибоначчи приближался по таланту и вкусам к Диофанту, но не располагал такой богатой научной традицией, как его античный предшественник.

10.40. Об этом трудно судить точно: ведь тогда книги переписывались от руки. Но, видимо, книги Фибоначчи были в распоряжении многих крупных купцов и во всех университетах, поэтому одновременно находилось в обращении более сотни копий каждой книги.

11. Расцвет средневековой науки (от Гросетеста до Орэма)

11.1. Фома учился в монастыре: это стоило дешевле, чем университетское образование, а родители Фомы были богаты, но скуповаты.

11.2. Предшественниками Фомы Аквинского были: блаженный Августин (автор теории «града Божьего»), а также папа Григорий VII («строитель» католической иерархии) и основатели монашеских орденов: св. Бенедикт и св. Доминик. От Августина Фому отличала убежденность в торжестве христианского *разума* над природой, а от Доминика — спокойная уверенность в превосходстве католической *науки* над суевериями еретиков.

11.3. Аристотель казался Фоме ближе по складу мышления: он также предпочитал строгий логический вывод новых истин их интуитивному постижению всегда, когда это было возможно. Вероятно, Фома столь же высоко чтит Евклида, ибо следовал его стилю изложения в своей главной книге «Summa Theologiae».

11.4. Во второй половине XIII в. церковь подвергалась регулярным атакам *просвещенных* еретиков с университетским образованием, искусных в логическом споре. Чтобы побеждать таких врагов, нужны были богословы нового типа, подобные Фоме Аквинскому. Поэтому руководители римской церкви терпели и даже одобряли дедуктивный подход Фомы к истинам Священного Писания.

11.5. Крупнейшим новатором в религии был Франциск Ассизский — интуитивный мыслитель, выше всего почитавший живую Природу как образ Бога. Серьезными новаторами были также англичане Стефан Ленгтон и Роберт Гросетест: они были демократами в политике, ибо считали «глас народа» наиболее точным выражением воли Божией. Столь же замечательны церковники-алхимики: немец Альберт Великий (Больштет) и англичанин Роджер Бэкон.

11.6. Фома был малосведущ в основных понятиях математики. Например, он не мог вообразить ряд целых чисел, бесконечный в обе стороны. Вследствие этого он не допускал возможности *бесконечной* череды причин и следствий и потому был уверен в существовании Первопричины либо Перводвигателя.

11.7. Вернее говорить не об ошибках, а о нечетком понимании многих физических универсалий. Например, Фома говорит о разной мере «совершенства» разных объектов, но не может описать это совершенство на строгом языке *энергии* или *симметрии*. Или, рассуждая о переходе разных вещей из «небытия» в «бытие», он не замечает, что такой переход требует затрат *энергии*.

11.8. Чтобы заметить математические ошибки Фомы Аквинского, нужно (как минимум) иметь ясное представление о *числовой прямой*, хотя бы о рациональных числах. Такое понимание возникло в европейской науке только в XVII в.

11.9. Чтобы заметить и *исправить* ошибки в физических рассуждениях Фомы, нужно свободно владеть понятиями энергии и симметрии. Оба эти понятия оформились в середине XIX в. — в эпоху Римана и Клейна, которые превзошли Ньютона в понимании физики и геометрии.

11.10. Буридан был последователем Фомы прежде всего в том, что он считал математику самой надежной основой научного богословия. Но Буридан шагнул дальше Фомы: он решился *исправить* рассуждения Аристотеля в тех случаях, когда они были логически противоречивы (например, при формулировке нового принципа инерции).

11.11. Гросетест был ближе к античным натурфилософам, чем к Аристотелю. Например, он принимал *свет* за изначальную стихию, а Солнце (источник света) считал центром Вселенной. Это сближает Гросетеста с учеными эпохи Возрождения — такими, как Коперник или Николай Кузанский.

11.12. В 1204 г. крестоносцы razорили Константинополь и основали вокруг него Латинскую империю. В результате многие ученые-византийцы остались без приюта и работы. Гросетест пригласил этих греков преподавать в Оксфорде и Кембридже. Так, наряду с рукописями античных мыслителей, английским студентам стали доступны *живые носители* эллинской культуры в ее христианском варианте.

11.13. Ленгтон взял на себя редактирование (возможно, и составление) Великой хартии вольностей — первой *конституции* феодалного общества. Гросетест предложил проект выборного *парламента* как выразителя воли Божией, регулярно вносящего необходимые изменения в законы страны и охраняющего народ от произвола королевских чиновников.

11.14. Среди учеников Роберта Гросетеста были: алхимик и натурфилософ Роджер Бэкон (основоположник экспериментального естествознания), математик Томас Брэдвэрдин и политик Симон де Монфор (организатор первого выборного парламента в 1265 г.).

11.15. Марко Поло с отцом и дядей отправился в путь в 1273 г. из Крыма, где находились торговые колонии византийцев и генуэзцев. Дальше его путь лежал через владения Золотой Орды (где правил хан Мэнгү-Тимур), через Белую Орду на Урале (где правили сыновья Ордубхана), через среднеазиатский улус Чагатай (где правили его сыновья) и далее — в Китай, где правил внук Чингиза — Хубилай.

11.16. Марко Поло не был обычным купцом. Раз он решился на столь дерзкое путешествие и не погиб при этом, значит, в нем было достаточно качеств конкистадора — таких людей стало много в XV в. Владыке Китая — хану Хубилаю были нужны такие люди для управления неведомыми землями на окраинах его державы. Поэтому Хубилай регулярно отправлял Марко Поло на юг с войсками, подчинявшими Бирму, а позднее — по морю, с экспедицией, пробывавшей путь в Индонезию.

11.17. Вряд ли это решение было добровольным. Будучи необходимым Хубилаю в его дальних владениях, при дворе Марко Поло оставался чужим человеком. Когда Хубилай начал стареть, Марко Поло понял, что после смерти владыки ему несдобровать. Поэтому он охотно принял поручение хана сопровождать его внуку, которую везли морским путем на юг в качестве невесты для сына монгольского правителя Ирана. Эта экспедиция привела Марко Поло в Персидский залив, откуда нетрудно было добраться до Италии.

11.18. Серная кислота, азотная кислота и царская водка (смесь соляной и азотной кислот) стали первыми *сильными* реактивами, попавшими в распоряжение химиков средневековья. Сразу резко расширился спектр выполнимых реакций, появилось множество неизвестных ранее веществ с неожиданными свойствами.

Но мысль о применении новых веществ для извлечения *прибыли* плохо укладывалась в средневековую картину мира: ее идеалом было *сохранение*, а не *развитие* существующих отношений между людьми и природой.

11.19. Мы больше знаем о научных *проектах*, которые выдвинул Бэкон. Он описал возможные применения пороха, подзорной трубы, двигателя внутреннего сгорания, подводной лодки, а также предложил проект кругосветного путешествия. Из этого можно заключить, что Бэкон экспериментировал с линзами; вероятно, он пробовал строить линзовые телескопы и получать порох. Этим Бэкон в корне отличался от своих предшественников: те рассуждали исходя из *достигнутых результатов*, а Бэкон ориентировался на *желаемые* цели научной работы.

11.20. Главное отличие в работе ученых Нового времени в том, что они *заранее* ставили *новые цели*, а потом пробовали все возможные средства их достижения. Так, Парацельс объявил, что главная цель алхимии — создание новых лекарств. Галилей пожелал узнать строение небесных тел и законы их движения, а Кеплер захотел навести порядок в данных о движении Марса и иных планет. Роджер Бэкон рассуждал по той же схеме (см. решение задачи 11.19).

11.21. Сохранилась итальянская фреска XIII в. с изображением людей, наблюдающих звездное небо сквозь какую-то трубу. Подзорная труба с *постоянным* фокусным расстоянием (скорее всего, найденным случайно) — вещь, возможная даже в античном мире (где были известны выпуклые и вогнутые линзы из хрусталя). Но несовершенная зрительная труба дает *искаженное* изображение, которое трудно сопоставить с теми же вещами, видимыми невооруженным глазом. Поэтому средневековые наблюдатели (как и многие современники Галилея) могли счесть все, что видно в телескоп, обманом зрения — вроде картинки в калейдоскопе.

11.22. Луллий описал в конце XIII в. схему механического *арифмометра*, который комбинирует любые числа и даже логические высказывания. Такая машина не могла быть построена при жизни

Луллия: точность механических инструментов в XIV в. была недостаточна для этого. Гораздо проще воплотить предложенную Луллием схему получения крепкой водки: надо пропустить вино сквозь слой негашеной извести (CaO), которая поглощает воду, но со спиртом не реагирует.

11.23. Кроме химического способа (см. решение задачи 11.22), была известна *перегонка* вина (ее изобрели алхимики на Ближнем Востоке), а также *вымораживание* вина: на морозе в нем образуются льдины, состоящие из чистой воды. Ясно, что разные рецепты применялись в разном климате и при разном мастерстве алхимиков.

11.24. Осел, стоящий между двумя одинаковыми кормушками с сеном, — это частный случай человека (или автомата), вынужденного выбрать *один* объект из совокупности нескольких объектов, которые *неразличимы* для выбирающего. Чтобы такая задача стала разрешимой, нужна либо общая *аксиома выбора* (введенная в начале XX в.), либо частные способы *упорядочения* данной совокупности объектов. В случае двух кормушек выбирающему может помочь разница между правой и левой рукой. Для геометра, выбирающего точку на отрезке или дуге, удобна *середина* данной фигуры. При выборе «произвольной точки на прямой» без аксиомы выбора не обойтись.

11.25. Схема Луллия не учитывала *технических* деталей, которые составляют главную трудность при постройке любого прибора. Оттого *возможности* схемы Луллия были *больше*, чем возможности арифмометра Паскаля (сложение и вычитание многозначных десятичных чисел) или арифмометра Лейбница (четыре арифметических действия и логические операции над многозначными числами). Схема Луллия включала *исчисление высказываний* и логическую *дедукцию* в полном объеме, т. е. то, что реализовано в современных компьютерах с помощью языков ПРОЛОГ и ЛИСП.

11.26. Орэм доказывал расходимость гармонического ряда по самой естественной схеме: он выбирал группу слагаемых, номера которых зажаты между последовательными степенями двойки, и доказывал, что сумма всех этих слагаемых больше чем $1/2$.

Ряд обратных квадратов поддается другой простой оценке:

$$\frac{1}{n^2} < \frac{1}{n(n-1)},$$

а сумма второго ряда равна 2. Но эта догадка появилась в математике только в XVII в.

11.27. Такая гипотеза была высказана Робертом Гросетестом еще в XIII в. Для ее доказательства нужно биномиальное неравенство:

$$(1 + a)^n > 1 + n \cdot a$$

и теорема о связи между бесконечно малыми и бесконечно большими величинами. До Галилея эту теорему не знал никто.

11.28. Первые немецкие университеты были основаны в Праге (1346 г.), Вене (1360 г.) и Гейдельберге (1370 г.). Все они возникли по инициативе императора Священной Римской империи — Карла IV Люксембурга, который в юности учился в Сорбонне. До него (со времен Штауфенов) ни один германский император не имел высшего образования и не видел нужды учреждать университет.

11.29. В XII в. университеты служили (кроме основной функции — воспитания грамотеев) *дискуссионными клубами* для богословов и тех, кто им подражал. В XIII в. в Англии университеты стали (благодаря Ленгтону и Гросетесту) питомником не только юристов, но и *политиков* (вроде Симона де Монфора). В XIV в. (на фоне Авиньонского плена пап) Сорбонна стала главным *арбитром* религиозных и политических споров между государями Европы. В начале XV в. Пражский университет стал питомником идеологов первой *национальной революции* (под религиозным знаменем). Так постепенно вызревала культура европейского Возрождения.

11.30. Эта песня отражает *средневековое* мировоззрение — тот его компонент, который выражался в *карнавалах* и дополнял богословские споры. Это заметно в противопоставлении *университета* (состоящего из преподавателей и студентов) и *граждан* (города или страны) как двух сословий с разными правами и обязанностями. Видимо, эта песня родилась в конце XIV в. в Сорбонне или в одном из новых германских университетов: в Праге, Вене или Гейдельберге.

11.31. В конце XIV в. Португалия (давно завершившая Реконкисту) была вынуждена отражать военный натиск Кастилии и крайне нуждалась в финансовых ресурсах. Принц Энрике решил поискать новых богатств за морем — там, где не властвуют мусульмане. Турки уже контролировали Ближний Восток, но дальний морской путь в Индию вокруг Африки был открыт для слабых в военном отношении европейцев.

11.32. К концу XIV в. китайцы завершили свою Реконкисту — отвоевание страны у монгольской династии Юань. Восстановив им-

перскую бюрократию, Чжу-ди ощутил нужду в притоке новых богатств извне. Не будучи в силах контролировать Шелковый путь (где властвовали степняки и мусульмане), Чжу-ди решил более эффективно эксплуатировать морской Путь пряностей. В итоге начались разведывательные и *завоевательные* плавания китайцев в Индийском океане. Португальцы в XV в. могли лишь мечтать о завоеваниях, а всерьез занимались торговлей.

11.33. Китайская империя Мин имела значительный начальный капитал (которого не имела Португалия) и сразу отправила за море большие боевые эскадры. Зато дешевые экспедиции португальцев (1–3 судна, 30–100 человек) *окупались*, тогда как многотысячные флотилии Китая были *нерентабельны*. Поэтому Португалия медленно развивала дальнейшее мореплавание, постепенно ставя все более дерзкие цели, а правители Китая вскоре утратили интерес к заморской экспансии.

11.34. Путь португальцев до устья Конго занял полвека; путь от Конго до южной оконечности Африки — еще 30 лет. Но как только португальцы добрались до тех морей, где уже плавали арабы и малайцы, продвижение каравелл резко ускорилось, благодаря местным лоцманам. Оттого Индия была достигнута через 15 лет после достижения мыса Доброй Надежды, Китай — еще 20 лет спустя.

11.35. Португалии не хватало для такого предприятия и людей, и денег. Она была вынуждена ограничиться меновой торговлей с прибрежными племенами: португальцы покупали рабов и золотой песок. Конечно, португальцы пытались проникнуть вглубь Африки вдоль больших рек, но, встретив пороги недалеко от их устья, отказались от этого намерения. Освоение внутренней части Африки началось лишь в XIX в., когда европейский капитализм накопил достаточные ресурсы.

11.36. Средневековые *реалисты* (например, Фома Аквинский) следовали мнению Платона о том, что все земные тела суть воплощения *универсалий* — идеальных объектов, существующих независимо от человека. Напротив, *номиналисты* (например, Вильям Оккам) считали (вслед за Демокритом), что все универсалии (будь то числа или *фрукты*) придуманы людьми для удобства рассуждений, а в природе нет никаких универсалий.

11.37. Первые *башенные* механические часы с гириями появились в разных городах Италии в конце XIII в. Первые карманные часы, за-

водимые пружиной, появились в Германии — в Нюрнберге, в начале XVI в. Точность их была очень низкой: ошибка составляла до 1 часа в сутки.

11.38. Насирэддин Туси работал в Багдаде в середине XIII в., во время вторжения монголов и гибели последнего халифа. Вскоре Насирэддин нашел место при дворе очередного правителя Ирана — хана Хулагу, который дал ему средства на постройку обсерватории и написание учебника геометрии.

11.39. Насирэддин служил в Иране при дворе монгольского хана Хулагу, а Марко Поло — в Китае при дворе хана Хубилая. Но эти два хана — родные братья (и внуки Чингисхана).

11.40. Принц Энрике Мореплаватель имел много общих знакомых с королем Кастилии и Леона — Энрике III Трастамара, который направил в 1404 г. посольство в Самарканд для переговоров с Тимуром о возможном союзе против турок. Этот посол — Рюй Гонзалес де Клавихо — встречался при дворе Тимура с местными разведчиками, побывавшими в Китае (Тимур готовился завоевать эту страну), а они наверняка общались с придворными из окружения Чжу-ди. Итого: возможна цепочка с четырьмя промежуточными звеньями.

Роджер Бэкон

(комментарии к ошибкам)

¹ В 1300 г. Роджер Бэкон был уже стариком и находился под строгим надзором церковников в уединенном монастыре.

² Папой в 1300 г. был Бонифаций VIII (из рода Гаэтани). Папа Климент IV (покровитель Бэкона) умер задолго до этого.

³ Орден иезуитов возник в XVI в.

⁴ До 1300 г. в Риме не было обычая отмечать «юбилейные» годы от Рождества Христова.

⁵ Христиане окончательно потеряли Иерусалим в середине XIII в., до появления турецкой державы Османов.

⁶ Крупные военные успехи Османов начались в середине XIV в., когда янычары захватили Адрианополь. После этого римские папы начали проповедь крестовых походов против нового врага.

⁷ Карнавалом в средние века называли *нерелигиозный* народный праздник, вроде Дня дураков. Участие богословов в таком празднике невозможно.

⁸ Император Феодосий I запретил Олимпийские игры в 394 г. Епископ Августин прославился на 80 лет позже.

⁹ До вершины Возрождения (в конце XV в.) в Риме не бывало публичных диспутов о науке и религии.

¹⁰ О проекте компьютера, который создал Раймонд Луллий, стало известно после выхода в свет его книги «Ars Magna» в 1297 г.

¹¹ Философ Вильям Оккам работал в середине XIV в. Он не занимался химией и военным делом.

¹² Военное применение пороховых ракет началось в Китае в VIII в. В Европе они стали применяться только в XVIII в.

¹³ Университет в Гёттингене возник в XVII в. Бертольд Шварц — один из творцов пороха — не имел к нему отношения.

¹⁴ Первые пушки появились в Западной Европе в 1320-е годы.

¹⁵ Научное общение между католиками и мусульманами происходило в средние века на основе частной инициативы, вроде поездок отдельных ученых для перевода книг. Официальные организации (в том числе римская церковь) чаще противодействовали такому общению.

¹⁶ Багдадский Халифат был уничтожен монголами в 1258 г.

¹⁷ Революция маздакитов была в Иране на рубеже V—VI вв., до появления ислама и Халифата. К XIII в. о маздакитах давно забыли.

¹⁸ Халиф Гарун ар-Рашид умер в начале IX в., тогда турки были малочисленными подданными Халифата.

¹⁹ Саладин (Юсуф Салах ад-дин) не был визирем Багдадского Халифата. В конце XII в. он был султаном Египта и признавал себя (на словах) подчиненным багдадского халифа — Аббасида.

²⁰ «Греческий огонь» (смесь нефти с селитрой и серой) с момента его появления (в Византии в VII в.) был жидкостью, не способной взрываться, но горящий неудержимо. Взрывчатый порох появился в Китае в X в., в Европе — в конце XIII в.

²¹ Смесь азотной и соляной кислот, растворяющая золото («царская водка»), была открыта химиками исламского мира в XIII в. Химик Джабир (открыватель серной кислоты) жил позже и не имел отношения к этому открытию.

²² Ни один кружок натурфилософов Северной Италии до XV в. не сотрудничал с учеными иноверцами (кроме православных византийцев).

²³ Фома Аквинский умер в 1274 г. Будучи богословом-логиком, он не интересовался опытами натуралистов своей эпохи.

- ²⁴ Флоренция и Рим не имели в XIII—XIV вв. своих университетов.
- ²⁵ Книгопечатание в Европе началось в середине XV в.
- ²⁶ Джаяляэддин Руми работал в Багдаде в середине XIII в.
- ²⁷ Историк ибн Хальдун работал в Алжире и Египте во второй половине XIV в. Он не общался с учеными-христианами.
- ²⁸ Тимур правил в конце XIV в. в Самарканде (а не в Бухаре) и носил звание «эмир», а не «султан».
- ²⁹ В битве на Тереке в 1395 г. Тимур разгромил армию Золотой Орды (хана Тохтамыша), а не турок.
- ³⁰ Морская битва при Лепанто между флотами Испании (с Венецией) и Османской державы произошла в 1571 г.
- ³¹ Тимур столкнулся с державой Османов в начале XV в.: в 1402 г. он разгромил при Анкаре армию султана Баязета. Эта победа сорвала начатую турками блокаду Константинополя.
- ³² Качество пушек в армии Тимура было гораздо выше, чем качество европейских пушек того времени.
- ³³ Тимур не посылал послов к христианам Европы. Но несколько европейских послов (в их числе Клавихо из Кастилии) посетили Тимура.
- ³⁴ Производство бумаги в Европе началось в середине XV в. по примеру мастеров Ближнего Востока ради совместной борьбы с турками.
- ³⁵ Тимур умер в 1405 г., не успев подчинить Китай.
- ³⁶ Египетский султан Кемаль Аюбид заключил в 1227 г. союз с императором Фридрихом II Штауфеном (внуком Фридриха Барбароссы). Цель этого союза — совместная оборона Палестины от натиска монголов и турок (еще не Османов) с востока. Этот союз распался со смертью Кемалья и Фридриха около 1250 года.
- ³⁷ Папа Иннокентий III (1198—1216) был опекуном Фридриха II Штауфена в детстве. Он был противником сотрудничества католиков с мусульманами.

12. На пороге Нового времени (XVI в.: от Магеллана до Тихо Браге)

12.1. Первые пушки («бомбарды») появились в Италии и Франции в 1320-е годы. Вместо цельной металлической трубы они имели ствол, склепанный из медных или железных полос и скрепленный

обручами, как бочка. Специальных ядер еще не было: пушку заряжали камнями подходящего размера или даже стрелами и уплотняли заряд пыжом. Лишь в конце XVI в. появились пушки с *литым* медным или бронзовым стволом, в котором высверлен канал для стрельбы.

12.2. Пражские гуситы создали в 1420-е годы легкую полевую артиллерию: малая пушка ставилась на крепком возу, который становился подобием танка. Такая артиллерия удобна для профессиональной армии из сознательных, инициативных бойцов: идеология гуситов сплотила первое такое войско в Европе. Позднее это боевое мастерство переняли французы, после того как Жанна д'Арк организовала первую *национальную* (а не феодальную) армию Франции.

12.3. Ракету очень трудно точно нацелить, поскольку ее заряд всегда несимметричен и хаотически горит во время полета в воздухе, не стесненный каналом ствола. Поэтому ракеты применялись обычно против больших масс конницы (чтобы напугать лошадей) или для зажигания пожара внутри вражеской крепости.

12.4. Косой треугольный парус, закрепляемый в трех точках, легко повернуть так, чтобы ветер любого направления бил по нему хотя бы вкось. С помощью косо́го паруса и руля судно может двигаться при любом ветре, даже против ветра (при поочередной смене галсов).

12.5. Употреблялись только магнитный компас, лаг (для измерения скорости судна) и квадрант или секстант — для измерения высоты Солнца или звезд над горизонтом. По этой высоте легко узнать *широту* места. Но для расчета *долготы* нужен *хронометр* (чтобы сравнить местное время с временем отсчетного меридиана). Надежных хронометров моряки не имели до XVIII в.; оттого ошибки в расчете долготы бывали огромны — до 45°.

12.6. В 1415 г. принц Энрике Навигадо́р (он же Генрих Мореплыватель) устроил на мысе Сагра́да «морскую академию»: школу для будущих кормчих, картографов и кораблестроителей. В 1419 г. было проведено первое разведочное плавание вдоль берега Африки — до мыса Бохадор; в 1438 г. капитан Жиль Э́аннеш достиг Зеленого Мыса.

К концу жизни принца Энрике (1460 г.) португальцы достигли устья Конго; в 1488 г. Бартоломе́у Ди́аш достиг мыса Доброй Надежды, а в 1498 г. Васко да Гама приплыл в Западную Индию.

12.7. В античном мире был широко известен результат Эратосфена: измерение длины земного меридиана. В средневековье этот результат не был забыт, но «вышел из доверия», поскольку картографы были уверены, что Евразия и Северная Африка составляют большую часть мира.

Когда ученые Нового времени вернулись к убеждению в *шарообразности* Земли, они рассчитали размер Земли исходя из данных о движении караванов поперек Евразии по Шелковому пути. В итоге оценка диаметра Земли рассчитанная флорентийцем Тосканелли по просьбе Колумба, оказалась *вдвое меньше* реальной величины — как будто между Азией и Америкой нет Тихого океана.

12.8. Такой проект предложил Роджер Бэкон в конце XIII в. — за 250 лет до экспедиции Магеллана. Но в ту пору кругосветное плавание казалось такой же фантастикой, как полет на Луну.

12.9. Плавание финикийцев вдоль неизвестных берегов длилось (согласно Геродоту) три года. Васко да Гама плыл в Индию полгода. Первую половину пути он плыл на юг, вдоль берега, по местам, уже нанесенным на карту, и поэтому не делал долгих остановок. На второй половине пути (возле Мадагаскара) Васко да Гама встретил арабского лоцмана, который знал путь в Индию.

12.10. Ахмад ибн Маджид — знаменитый арабский мореход XV в., знаток плаваний в Индийском океане и автор нескольких учебников кораблевождения. Васко да Гаме повезло: он встретил Ахмада в море возле Мадагаскара и уговорил (или заставил) его довести португальские суда до Индии по «пути Муссонов», о котором португальцы тогда ничего не знали.

12.11. См. решение задачи 12.6. Кроме этих португальцев, можно назвать кастильцев: в первые годы XV в. они (во главе с нормандцем Жаном де Бетанкúром) открыли и завоевали Канарские острова, чуть позже открыли безлюдные Азорские острова.

12.12. Плавание Колумба оказалось *втрое короче* плавания Васко да Гамы. Но знать об этом заранее Колумб не мог: расчеты Тосканелли (см. решение задачи 12.7) были ненадежны. Кроме того, Васко да Гама большую часть пути плыл вдоль берега и, следовательно, знал, как можно будет вернуться. Колумб после Азорских островов плыл в открытое море, подгоняемый пассатом, и не знал, будет ли попутный ветер для возвращения. Несомненно, Колумб рисковал гораздо больше.

12.13. О расчетах Тосканелли см. решение задачи 12.7. Оценить экваториальный диаметр земного шара европейские картографы сумели только после возвращения экспедиции Магеллана в 1522 г.

12.14. Португальцы тогда тратили все средства на разведку *восточного* пути в Индию. Они были близки к окончательному успеху и не желали отвлекаться на *западный* проект Колумба.

Испанцы тогда завершали Реконквисту, и король Фернандо Арагонский предвидел необходимость нового выгодного занятия для безработных моряков и воинов после того, как Гранада станет владением христиан.

12.15. В 1497 г. итальянский мореплаватель Джованни Каботто (или Джон Кэбот) под английским флагом пересек Атлантику по поручению короля Генриха VII. Он открыл остров Ньюфаундленд и начал освоение Северной Америки — там, куда раньше добирались викинги из Исландии.

12.16. Чтобы не тратить силы на распри за морем, испанцы и португальцы в 1494 г. заключили (с благословения Папы Римского) в городе Тордесильяс договор о разделе между ними всех неизвестных заморских земель, которые будут открыты. Линия раздела проходила по меридиану в Атлантическом океане; случайно она пересекла еще не открытую Бразилию. В итоге Бразилия стала владением Португалии, а все прочие земли Южной Америки были освоены испанцами.

12.17. Главная причина в том, что только к западу от Атлантики лежали земли, отнесенные по договору в Тордесильяс к владениям испанской короны. Другая причина заключается в том, что постоянные ветры-*пассаты* облегчают пересечение Атлантики с востока на запад и затрудняют обратный путь.

12.18. Этот испанский мореход (родом из басков) командовал малым кораблем «Виктория» в экспедиции Магеллана. Он участвовал в заговоре моряков против Магеллана, но был помилован после подавления мятежа. После гибели Магеллана на Филиппинах Кано возглавил тех моряков, которые не отчаялись в успехе плавания, и сумел довести свой единственный корабль до Испании через Индийский океан и Атлантику, избежав столкновений с мусульманами и португальцами. С ним вернулись только 18 человек из 265, отпльвших на запад. За этот подвиг Кано получил герб с надписью: «Ты первый объехал вокруг Земли». Вскоре Кано погиб в очередном плавании.

12.19. Самый странный результат — «потеря» одного дня в путевом журнале, который вели кормчие Магеллана. Испанские ученые и богословы обвинили моряков в простой небрежности.

Но вскоре многие астрономы (например, Клавий, Мюллер и Коперник) поняли, что вращение Земли вокруг своей оси на восток должно вызвать именно такой эффект при плавании вокруг земного шара *на запад* (за счет удлинения корабельных суток). Чтобы проверить этот расчет на опыте, нужно проплыть вокруг Земли *на восток* — и «приобрести» один лишний день в календаре. Такое плавание впервые совершил Джеймс Кук в 1775 г. Это была его вторая кругосветная экспедиция, причем искал он Антарктиду, а нашел Гавайи.

12.20. Улугбек (ученый, внук Тимура) построил в Самарканде обсерваторию, не уступавшую древним обсерваториям Аристарха и Птолемея, и составил новый каталог звезд с числовыми координатами. Это было сделано в середине XV в. — через семнадцать веков после Аристарха, через тринадцать веков после Птолемея. За такой срок некоторые звезды заметно сместились, и стало ясно, что звезды не прикреплены к небу, а движутся относительно друг друга (как предполагали Аристарх и Гиппарх).

После гибели Улугбека (1449 г.) его помощник Али Кушчи увез его рукописи в Турцию и сумел издать их в Константинополе, под покровительством султана Мехмеда II Завоевателя. Эта книга попала в руки западных астрономов только в XVII в. — после открытий Тихо Браге, который превзошел Улугбека в точности наблюдений.

12.21. Получив образование в университете Павии, Коперник очень хорошо знал математику — не только геометрию, но также тригонометрию и алгебру. Поэтому он превзошел и Аристарха, и Птолемея в точности своих расчетов. Коперник доказал, что *равномерное* вращение планет по *окружностям* вокруг Земли или вокруг Солнца *невозможно*. Но отвергнуть более сложный вариант движения планет — по *катящимся* эпициклам — Коперник не сумел, поскольку не смог придумать более простую модель движения планет в пространстве, которая допускала бы *численную* проверку. Коперник лишь уменьшил число необходимых эпициклов.

12.22. Этот католический натурфилософ XV в. (родом немец, по фамилии Кребс) закончил университет и обладал редкой научной интуицией. Он угадал, что пространство бесконечно и равномерно заполнено звездами, которые движутся относительно друг друга.

Николай Кузанский был уверен, что каждая звезда имеет около себя планетную систему, вроде Солнечной системы, и предполагал, что на дальних планетах также живут люди.

Николай Кузанский не мог *проверить* ни одну из этих гипотез с помощью расчетов или измерений и потому не настаивал на своей правоте. В первой половине XV в. таких вольнодумцев в Европе было очень мало, и никакого «смятения умов» их учение не вызвало. Оттого Николай Кузанский сделал успешную карьеру в церкви: он стал кардиналом и умер в почете в 1464 году — через 10 лет после начала книгопечатания в Европе.

Через 150 лет, в 1600 г., Джордано Бруно был сожжен в Риме за проповедь «заблуждений», близких к взглядам Николая Кузанского. Но эпоха настала иная: полным ходом шла Реформация, и церковники обоснованно боялись «смятения умов».

Копернику одновременно *повезло и не повезло* с современниками. Если бы он опубликовал свою книгу до Реформации, она *не* вызвала бы массового интереса — но зато ее автор не подвергся бы осуждению властей.

12.23. Копернику повезло в юности: его дядя (видный польский церковник) послал его учиться в Италию. Там Коперник учился и даже преподавал математику в Болонье и Падуе. Не удивительно, что, вернувшись домой, Коперник нашел широкое применение своим талантам: не только в астрономии, но также в церковном управлении и финансовом деле.

12.24. Главное достижение Гутенберга — переход от *резного* шрифта к *литому* шрифту, который легко менять при износе букв-литер. В Китае был в ходу только деревянный либо керамический шрифт, огромное разнообразие иероглифов делало эту систему неповоротливой.

Литой металлический шрифт требует особого материала: легкоплавкого, но твердого. Такую роль сыграл сплав свинца и сурьмы: его случайно получили алхимики в XIII в.

12.25. Первой книгой Гутенберга стала Библия: ее первое (латинское) издание вышло в Майнце в 1454 г., тиражом в 400 экземпляров. Полиграфическое качество этого издания было превзойдено только в конце XVI в.

12.26. Первой печатной *научной* книгой был латинский перевод «Начал» Евклида — книга «Elementes», которая вышла в 1482 г. в Ве-

неции. Это издание готовил немецкий астроном Иоганн Мюллер, носивший псевдоним Regiomontanus по месту своего рождения — Кёнигсбергу.

12.27. В начале XVI в. создание новой типографии стало в Европе несложным делом. Поэтому Лютер быстро наладил массовый выпуск *листовок* с текстами своих проповедей и писем в адрес Папы Римского. Немецкий язык (в отличие от латыни, доступный массам) этих листовок обеспечил им популярность, и Лютер стал властителем дум в значительной части Европы раньше, чем церковники попытались его уничтожить.

Ян Гус был популярен только там, где люди *слышали* проповеди его самого или его учеников, т. е. только в Чехии. Оттого церковники успели казнить Гуса раньше, чем его идеи вызвали революцию, — а сама революция гуситов не вышла за пределы Чехии.

12.28. Первые пушки в Европе появились в 1320-е годы, а первые ружья (аркебузы и ручные пищали) — в конце XV в. Разница в 150 лет объясняется тем, что цельнометаллический сверленный ствол малокалиберного ружья требует гораздо более точной и сложной работы оружейника. Вдобавок ручное огнестрельное оружие начинает играть заметную роль, только когда оно выпускается *крупной* серией (тогда его производство становится дешевым).

12.29. Первый успех артиллерии в *полевом* сражении между европейцами — оборона Праги гуситами от крестоносцев императора Сигизмунда в 1420 г. Первое торжество испанских *аркебузёров* (с фитильными ружьями) над французской латной конницей — битва при Павии в 1525 г. Первые отряды *мушкетёров* (с кремневыми ружьями) появились в середине XVI в. в войне испанцев с протестантами в Нидерландах.

Первая артиллерийская победа *русской* армии — «стояние на реке Угре» в 1480 г.; успешный дебют пищалей в руках стрельцов состоялся в 1552 г. при штурме Казани.

12.30. В отличие от ружья, там не было *патронов*. Стрелку приходилось последовательно засыпать в ствол порох, вкладывать пулю и забивать пыжи шомполом. Поэтому стрельбу нельзя было вести из положения «лежа» и тем более на ходу.

12.31. Макиавелли служил секретарем по иностранным делам правительства Флорентийской республики 14 лет — до тех пор, пока к власти не пришла другая партия (Медичи). Отстраненный от

практической политики (подобно Фукидиду и Ксенофону), Макиавелли стал политиком-теоретиком и писателем.

12.32. Главной книгой для Макиавелли были «Рассуждения», поскольку он сравнивал Флорентийскую и Римскую республики. Но в процессе работы Макиавелли почувствовал необходимость доказать новым правителям (монархистам из дома Медичи) высокий уровень своего мастерства. Тогда он быстро написал короткую книгу «Государь» (1515 г.) и лишь потом завершил работу над «Рассуждениями» (1519 г.).

12.33. Во-первых, Макиавелли писал свои книги прежде всего для *итальянцев*. Во-вторых, он одинаково свободно привлекал по ходу рассуждений нужные примеры из греческой либо римской истории. Наконец, труд Тита Ливия имеет то преимущество, что он охватывает *всю* историю Римской республики. Греческие историки описывали только короткие эпохи из жизни своих полисов.

12.34. Явным предшественником Макиавелли был Фукидид — участник и аналитик *распрей* в Афинской республике. Другим предтечей Макиавелли (в теоретическом осмыслении гражданских распрей) был Аристотель. Третьим предшественником (при написании «Государя») Макиавелли мог считать Тацита, который анализировал распри в *имперском* обществе в том же психологическом стиле, не давая моральных оценок.

12.35. Для Плутарха главным объектом сравнения были человеческие *личности*; факты и события служили писателю фоном для выявления личных качеств героев. Напротив, Макиавелли писал историю *государства*: творческие личности интересовали его лишь как *конструкторы* этого объекта.

12.36. Вероятно, Макиавелли сказал бы, что исторический процесс состоит из *попыток* людей *управлять* событиями. Обычно успеха не бывает, но все успехи и неудачи поддаются *прогнозированию* при взгляде *историка* со стороны.

12.37. Макиавелли явно сочувствовал демократам, но он был свободен от восхищения любой политической системой, поскольку видел их общую склонность творить те или иные глупости. Ему казалось, что лучшее будущее для Италии — президентская республика. Но путь к такому режиму от разброда городских коммун и княжеств, по мнению Макиавелли, лежал только через военную монархию. Отсюда его интерес к талантливому тирану — Цезарю Борджиа

и к удачливым монархам: Луи XI во Франции и Фернандо Арагонскому в Испании.

12.38. У Макиавелли не было любимых героев. Были интересные ему деятели или народы: те, кто особенно успешно помогал *возможной* исторической схеме воплотиться в жизнь. По этому критерию он выбрал из тиранов Цезаря Борджиа, из народов — граждан Римской республики.

12.39. Во Флоренции в XV в. не было университета. Но политика творилась там на улицах так быстро, открыто и успешно, что научиться ей можно было «вприглядку». Если еще читать классиков и сравнивать их суждения с уличным опытом, то получится самообразование на уровне лучшего университета. Так в Афинах вырос Фукидид, в Риме — Юлий Цезарь, во Флоренции — Никколо Макиавелли.

12.40. Карл V вырос в Нидерландах и позже предпочитал жить там, сделав своей столицей Брюссель. При его дворе работали Альбрехт Дюрер (живописец и геометр), Андреа Везалий (врач и анатом), Гёрхард Крёмер Меркатор (географ).

12.41. Франциску I не нравилось, что Сорбонна держится средневекового стиля в преподавании всех наук. Например, там не изучали восточные языки: арабский и турецкий. Чтобы не спорить с руководителями университета, король учредил Коллэж де Франс, где были кафедры востоковедения. Видимо, такой совет королю дал Леонардо да Винчи, который провел во Франции последние годы своей жизни.

Коллеж де Франс действует и сейчас на общественных началах. Поступить туда может любой человек без экзаменов, но за плату. Прослушав ряд курсов по своему выбору и сдав по ним экзамены, студент получает диплом и приобретает новую профессию.

12.42. Леонардо составил проекты водолазного колокола, подводной лодки, вертолета и многих мелких изобретений. Из них *не были* воплощены те, которые требовали новых источников энергии (как вертолет или телевизор), либо те, которые имели явное военное значение (Леонардо боялся отдать их в руки злодеев). Но об изобретениях Леонардо знали сотни людей, а его картины видели десятки тысяч европейцев.

12.43. Лютер учился и преподавал в маленьком, совсем молодом провинциальном университете в Виттенберге. Получив бого-

словское образование, Лютер не понимал естественных наук и не доверял ученым из этих областей. Личный опыт в религии и политике убедил Лютера, что развитие человеческого общества поддается *управлению* через *пропаганду* — устную и печатную. Этим делом Лютер увлекся на всю жизнь, а прочие науки считал суетой.

12.44. Материал для этой дискуссии см. в решениях задач 12.43 и 12.33—12.39.

12.45. Южный мыс Горн впервые обогнул голландец Виллем Схóутен в 1616 г. Северо-Западным проходом (вокруг Ба́ффиновой Земли) впервые проплыл норвежец Ро́альд Амундсен в 1902 г.

12.46. Огромный Южный материк европейцы искали давно и безуспешно. До XVII в. думали, что Новая Гвинея — северная оконечность этого материка. В начале XVII в. голландец Я́нсзон впервые высадился на северном берегу Австралии, но не понял, где он побывал. Потом (1640 г.) голландец А́бель Та́сман совершил плавание «петлёй», внутрь которой попали Австралия и Новая Гвинея, но не попала еще не найденная Антарктида. Позднее тот же Тасман «отделил» Австралию от Новой Гвинеи. В 1775 г. Кук обогнул «петлёй» Антарктиду, не увидев ее берега. Но только в 1802 г. англичанин Мэ́тью Фли́ндерс совершил полное плавание вокруг Австралии. Через 20 лет после этого русская экспедиция Беллинсгаузена и Лазарева и английская экспедиция Росса достигли берегов Антарктиды.

12.47. Парацельс внес в медицину две новинки: он предложил алхимикам сосредоточить усилия на синтезе новых *лекарств*, а хирургам — больше думать не о повышении *скорости* болезненных операций, а о *средствах обезболивания* операций и *обеззараживания* ран.

12.48. Главный вклад Везалия в науку — составление нового *атласа анатомии* человека по результатам рассечения трупов. При подготовке атласа он *не* использовал древние тексты Гиппократ, Галена и Авиценны, в которых было много ошибок. Так Везалий положил начало *экспериментальной* анатомии.

12.49. Мигель Сервет провел в 1540 г. первый успешный хирургический опыт на *живой* собаке. Он наблюдал циркуляцию крови через легкие и заметил изменение цвета крови в этом процессе. Так был открыт *малый круг* кровообращения. *Большой круг* кровообращения открыл в 1628 г. Вильям Га́рвей путем перевязки сосудов и *расчета* того объема крови, который проходит сквозь сердце за

один час. Такой «механический» подход к работе живого организма был чужд всем натуралистам XVI в., кроме Леонардо да Винчи; но после Галилея он стал обычен.

12.50. Все трое были типичными героями Возрождения: они не могли ограничиться кабинетными исследованиями, а увлекались религиозными диспутами и политической борьбой. Оттого Кампанелла провел в тюрьме инквизиции 30 лет (за участие в военном заговоре), а Бруно и Сервет были сожжены на кострах: первый — в католическом Риме, второй — в протестантской Женеве. При этом судей совершенно не интересовали научные занятия подсудимых.

12.51. Реформация Лютера и Кальвина вызвала Контрреформацию Лойблы. Новые католики (иезуиты и францисканцы) не хотели ограничиваться обороной от протестантов: они повели активную проповедь католицизма во всех странах мира. Особое внимание уделялось тем странам, куда только что проникли европейские путешественники: Индии, Китаю, Японии и Америке. Например, Франциск Ксавье начал проповедь христианства в Китае и Японии, одновременно изучая языки и культуру этих стран.

12.52. Француз-протестант Юстус Скалигер жил в конце XVI в., когда конкистадоры и миссионеры добыли много новых сведений о культуре, языках и истории многих стран Азии. Если раньше европейские историки стремились привести в систему только историю Европы и слегка интересовались историей исламского мира, то теперь стало возможно *сопоставить* европейские события с *синхронными* или аналогичными им событиями в Иране, Индии, Китае и Японии.

Скалигер первый предложил систему *единой хронологии* всех событий мировой истории на основе сквозного счета *дней*, независимого от исчисления *лет* в той или иной местной эре. Например, по схеме Скалигера *первый* день наступил в 4713 г. до н. э., а 1 января 2000 г. имело номер 2 451 544.

12.53. Больше других известны математик Франсуа Виет и врач Амбруаз Парé. Виет написал первый *учебник алгебры* с удобными обозначениями известных и неизвестных величин, включая «теорему Виета» о связи корней уравнения-многочлена любой степени с его коэффициентами. Парé начал лечить раны *щадящим* методом: вместо прижигания каленым железом или спиртом он применял жировые повязки и давал раненым маковый отвар как слабый наркотик.

12.54. Голландец Симон Стéвин в 1590 г. провел опыт с простейшей схемой вечного двигателя — цепью шаров, катящихся по паре наклонных плоскостей. Опыт и расчет доказали, что такой двигатель невозможен. После этого Стевин высказал гипотезу о *невозможности создания любого* вечного двигателя. Но доказать ее (используя понятие энергии и умея вычислить ее для любой физической системы) стало возможно только в середине XIX в.

В 1586 г. Стевин поставил «опыт Галилея», сбросив с башни одновременно два ядра разного веса и сравнив время их падения. Так он впервые опроверг гипотезу Аристотеля о линейной зависимости между массой тела и скоростью его падения.

12.55. Число полисов или коммун в *приморской* стране пропорционально *длине* ее береговой линии (где есть удобные бухты). Число полисов внутри страны пропорционально ее *площади*, но здесь коэффициент пропорциональности меньше. Поскольку берега Италии гораздо менее изрезаны, чем берега Эллады, а площадь Италии не намного превосходит площадь Эллады, число античных полисов было больше числа коммун в средние века.

12.56. Просвещенная Флоренция ближе всего к культурным Афинам; монархический Милан напоминает воинственные Фивы; аристократическая Венеция ближе к замкнутой и агрессивной Спарте, а торговая Генуя — к Коринфу (противнику Спарты и Афин); папский Рим более всего похож на древний Пилос или Микены.

12.57. В средние века Флоренция *опоздала* создать свой университет. Другие коммуны (Болóнья, Па́дуа, Салéрно) создали их раньше, заполнив все основные профили обучения: медицинский, юридический, богословский. Флоренция могла бы выделиться факультетом свободных искусств, но с XIV в. эти искусства процветали во Флоренции на основе *частного* обучения, без университетской регламентации.

12.58. Эти математики (Ферро, Тарталья, Кардано, Феррари, Бомбелли) выросли и творили в Болонье, Милане, Па́вии, Па́дуе, Бре́шии или Верóне. В этих городах накал *художественного* творчества был не столь высок, как во Флоренции, поэтому в них хватало честолюбивых юношей, стремящихся к более сложной и менее яркой славе математика.

12.59. Ски́пио дель Ферро в 1520-е годы решил приведенное кубическое уравнение, корни которого можно найти, не пользуясь *мнимыми* числами.

12.60. Это сделал Джироламо Кардано: его формула корней кубического уравнения (опубликованная в 1545 г.) включает арифметические действия с мнимыми числами и потому охватывает все кубические уравнения.

12.61. Пионером в этой области стал в 1560-е годы Рафаэлло Бомбелли. Читая книгу Диофанта «Арифметика», он увидел, как просто автор вводит *отрицательные* числа: формально, как необходимые решения *линейных* уравнений. После этого Бомбелли сообразил: *мнимые* числа тоже можно ввести *формально*, как необходимые решения тех *квадратных* уравнений, которые не имеют действительных корней.

12.62. Видимо, такой замысел возник у Декарта после того, как он впервые ввел на плоскости числовые координаты. Но Декарт, будучи геометром, не стал писать о комплексных числах, чтобы его читатели не путали *мнимые* числа (отличные от действительных) с *векторами* на плоскости (которые все равноправны).

В XVIII в. Эйлер уверенно работал с комплексными числами как с двучленами, не предлагая для них особого геометрического изображения. Такое изображение предложил Гаусс в 1801 г. по ходу доказательства того факта, что всякий многочлен с комплексными коэффициентами имеет комплексный корень.

12.63. Уравнение-многочлен степени 4 впервые решил Лодовико Феррари (ученик Кардано) незадолго до 1545 г. (когда Кардано опубликовал это решение в своей книге). Техника Феррари мало отличалась от техники Кардано: по коэффициентам исходного уравнения строились вспомогательные уравнения младших степеней.

12.64. Виет был явный алгебраист: он оперировал *формулами*, а не фигурами. Поэтому Виет нуждался в удобной системе записи формул (хотя бы многочленов и корней) и изобрел такую систему, которой сейчас пользуются все математики. Главное открытие Виета — простая алгебраическая связь между неизвестными корнями многочлена любой степени и его известными коэффициентами.

12.65. Известно, какой шифр испанской секретной службы Виет сумел разгадать. Этот шифр включал около 500 символов, которые в разных текстах обозначали разные буквы или цифры.

Чтобы расшифровать такую запись, нужно рассчитать *частоты* разных знаков в каждом тексте, сравнить самые частые знаки из

разных текстов и найти закономерность в *смене* самых частых знаков при переходе от одного текста к другому.

Виет сумел все это рассчитать. Тут не нужны сложных математических методов — но нужна простая *модель* процесса шифровки текста, которая не сразу приходит в голову человеку, не имеющему опыта математического творчества.

12.66. В 1572 г. Тихо Браге наблюдал *сверхновую* звезду. В отличие от *новой* звезды (которая периодически изменяет свой радиус, температуру и яркость, не выбрасывая наружу вещество), сверхновая звезда *сбрасывает* заметную долю своей массы (гораздо более 1 %) в виде расширяющейся газовой оболочки.

При этом большая часть сверхновой звезды *сжимается*, превращаясь в *нейтронную* звезду, которую астрономы различают по быстро и *периодически* меняющемуся радиоизлучению (*пульсар*).

В нашей Галактике *сверхновые* звезды вспыхивают с интервалом в сотни лет: таковы были вспышки 1006, 1054, 1572, 1604 и 1987 гг. Механизм этих вспышек стал ясен только в 1950-е годы, когда физики создали «искусственную звезду» — водородную бомбу и ее компьютерную модель. Первую *модель* нейтронной звезды придумал Л. Ландау в 1934 г. Первые *пульсары* были замечены и поняты в 1968 г.

12.67. Предшественником Тихо Браге можно считать Гиппарха. Он впервые измерил параллакс Луны за семнадцать веков до того, как Браге сумел измерить параллакс кометы. Гиппарх и Браге были блестящими наблюдателями и хорошими вычислителями, но не увлекались теориями и не изобретали сложных моделей природных явлений.

12.68. Расстояния до звезд столь велики, что для измерения их параллаксов не хватает *суточного* сдвига земного наблюдателя. Нужно использовать *годовой* сдвиг (вызванный обращением Земли вокруг Солнца) и вести наблюдения в сильный телескоп. Это впервые удалось Фридриху Бесселю и другим астрономам в 1840-е годы, но только для ближайших к Земле звезд (таких, как Сириус, Вега и Проксима Центавра).

12.69. Сначала ученому покровительствовал король Дании Фридрих II. Его преемник — Христиан IV не захотел платить деньги старому астроному, у которого был очень неуживчивый нрав. Тогда Браге переехал в Прагу — столицу Священной Римской империи, где правил просвещенный монарх Рудольф II Габсбург. В Праге (в от-

личие от Копенгагена) жило много ученых людей, хотя немало собралось и шарлатанов.

12.70. Больше всего Браге не хватало научной культуры, т. е. опыта в *изобретении* оригинальных *моделей* наблюдаемого явления и в *проверке* этих моделей по данным наблюдений. Но такой культуры не было ни у кого из современников Браге, кроме молодого Галилея. Позднее этой культурой овладел Кеплер. Этому молодому ученому понадобилось 10 лет жизни — несмотря на то, что в его распоряжении были обширные таблицы наблюдений Браге и он регулярно переписывался со столь же талантливым коллегой — Галилеем.

12.71. В 1520 г. работали: математик Ферро, историк Макиавелли, врач Парацельс; в 1540 г. — математики Кардано и Тарталья, врач Везалий, астроном Коперник, геолог Агрикола, географ Меркатор; в 1560 г. — алгебраист Бомбелли, натуралист Геснер; в 1580 г. — астроном Браге, алгебраист Виет, химик Лйбау, врач Парé, механик Стевин, историк Скалигер; в 1600 г. — математик Галилей, астроном Кеплер, физик Джильберт, вычислитель Непир, натурфилософ Фрэнсис Бэкон.

13. Математика и математическая физика в XVII в.

13.1. В 1577 г. 30-летний Тихо Браге провел наблюдения очередной кометы в своей новой обсерватории Ураниборг, впервые измерив параллакс кометы и вычислив расстояние до нее. В это время мать шестилетнего Иоганна Кеплера (обладавшая необыкновенно острым зрением, таким, что различала фазы Венеры) показала сыну эту комету как величайшее чудо природы.

13.2. В 1600 г. в Праге Тихо Браге поручил Кеплеру (в котором распознал отличного математика и на редкость упорного человека) разобраться в движении Марса по небу. Главной проблемой были странные «петли» Марса: отчего он временами «останавливается» и «поворачивает вспять» среди звезд?

13.3. Кеплер был явный алгебраист и упорнейший вычислитель. Только благодаря этому таланту он сумел за 8 лет, перебрав около 20 разных режимов движения Марса и проверив расчетами их соответствие наблюдательным данным Тихо Браге, прийти к оконча-

тельной модели, описываемой двумя законами: *эллиптическая траектория с Солнцем в фокусе* и движение согласно правилу *равных площадей*.

Но Кеплер обладал богатой геометрической фантазией: об этом свидетельствуют его первые гипотезы о расстояниях между планетами и Солнцем (с цепью вписанных друг в друга правильных многогранников и сфер), а также его увлечение формами снежинок.

13.4. Кеплер сначала рассмотрел самые простые варианты орбит — овал, затем эллипс — и равномерное движение планеты по каждой из этих кривых. Солнце он сначала поместил в *центре* эллипса. Только доказав расчетами невозможность таких движений, Кеплер сделал отчаянный шаг: он сдвинул Солнце в *фокус* эллипса, предположил *неравномерное* движение планеты по эллипсу и угадал закон равенства площадей.

13.5. Главным вычислительным открытием Кеплера было ускоренное выполнение умножения и деления путем замены чисел их *логарифмами* (по таблице). Другим открытием стало вычисление логарифмов с помощью *степенного ряда* дроби $\frac{1}{1+t}$ — производной от искомой функции ($y = \ln x$), которая равна площади трапеции под гиперболой. Расчет этих площадей привел Кеплера к открытию общего способа интегрирования многочленов.

13.6. Именно *натуральный* логарифм числа $\ln a$ равен площади трапеции, ограниченной сверху гиперболой $y = \frac{1}{x}$, снизу — осью абсцисс, слева и справа — прямыми $x = 1$; $x = a$. Десятичные логарифмы удобнее при расчетах в десятичной системе счисления: это заметил Бригс и в 1624 г. опубликовал таблицы таких логарифмов.

13.7. Логарифмическую линейку изобрел англичанин Джеймс Оутред. В 1622 г. он нанес на ее шкалы значения десятичных логарифмов от чисел, а также от синусов и тангенсов углов данной градусной меры (таблицы этих значений были составлены Чарльзом Непиром и опубликованы в 1614 г).

13.8. Нужно было вычислить *площадь* трапеции, ограниченной гиперболой $y = \frac{1}{x}$, осью абсцисс и прямыми $x = 1$; $x = a$. Кеплер и Непир заменили функцию $\frac{1}{x}$ степенным рядом, представив ее как сумму геометрической прогрессии:

$$\frac{1}{1+t} = 1 - t + t^2 - t^3 + t^4 - \dots$$

Далее нужно интегрировать этот степенной ряд почленно, найдя интегралы от всех степеней переменной t . Эту задачу Кеплер решил геометрически, по известной схеме Архимеда.

13.9. Первым и самым трудным открытием Кеплера стал вычислительный факт, позднее названный *вторым* законом небесной механики: за равные отрезки времени радиус-вектор «Солнце—планета» замечает в плоскости орбиты равные площади. Далее был угадан и проверен *первый* закон — об эллиптической орбите, в одном из фокусов которой стоит Солнце. Наконец, был открыт *третий* закон: *квадраты* периодов обращения планет пропорциональны *кубам* больших полуосей их орбит.

13.10. Один год Меркурия составляет 88 земных суток, один год Венеры — 270 суток. Один год на Марсе равен примерно двум земным годам; один год Юпитера равен примерно 12 земным годам, а один год Сатурна — около 30 земных лет. Тихо Браге вел наблюдения в обсерватории Ураниборг более 25 лет: этот срок достаточен для расчетов орбитального движения каждой из планет.

13.11. Кеплер не знал общих понятий «функция» и «график функции». Они появились в результате введения Декартом числовых координат на плоскости уже после смерти Кеплера. Поэтому Кеплер интегрировал лишь немногие конкретные функции, без которых не мог обойтись: степенную $y = x^n$ и дробь $y = \frac{1}{x}$.

13.12. Галилей, как и Декарт, обладал мощной интуицией, но не любил длинных расчетов. Он мог угадать первый закон Кеплера, но вывести второй и третий законы из громоздких таблиц Браге Галилей не смог бы. Вычислительный талант Кеплера — уникальное явление в начале XVII в. Близок к нему был Непир, но он не обладал такой интуицией, как Кеплер.

13.13. Галилей быстрее угадывал общие «качественные» закономерности физических явлений и быстро изобретал их простые модели. Но проверять модель сложным расчетом Галилей не хотел и не старался, оставляя эту задачу другим исследователям.

13.14. Галилей впервые обратил внимание на то, что некоторые *подмножества* натурального ряда можно привести во взаимно однозначное соответствие со *всем* рядом. Это первый шаг к понятию *счетного* множества и первая теорема общей теории множеств, которую создал Георг Кантор в середине XIX в.

Угаданный Галилеем принцип относительности равномерного движения был первым *алгебраическим* законом физики, формулируемым в терминах *симметрии*. Следующим шагом могло стать общее понятие преобразований пространства-времени и вывод о том, что всякий закон *сохранения* в физике является проявлением *инвариантности* Вселенной относительно той или иной группы преобразований. Такое учение возникло в начале XX в. благодаря трудам Макса Нётера и его дочери — Эмми Нётер.

13.15. Галилей не любил ставить или описывать опыты, которые не производят яркого впечатления на зрителей. Вероятно, он проделал в *лаборатории* опыты с одновременным падением тел разного веса, но пришел к выводу, что разница в сроках их полета не столь велика, чтобы убедить толпу зевак в справедливости его теории и ложности теории Аристотеля. Гораздо убедительнее был бы опыт синхронного падения тел в *безвоздушной* среде, но его Галилей не мог поставить, не имея вакуум-насоса.

Опыт с двумя ядрами, предложенный Галилеем, впервые поставил в 1586 г. голландец Симон Стёвин.

13.16. Единственная книга Браге называлась «О новой звезде» и содержала подробный отчет о вспышке сверхновой звезды в 1572 г., без каких-либо выводов или гипотез о природе этого явления.

Главная книга Кеплера называлась «Новая астрономия» (1609 г.). В ней автор увлеченно описал *процесс открытия* им двух законов движения планет: в результате получилась первая *научная автобиография*.

Главная книга Галилея — «Диалог о двух системах мира» — популярное изложение фактов и постулатов новой физической теории, с множеством проверочных экспериментов. Стиль книги — *диалог*. Автор, подражая Платону, обращался к широкой массе просвещенных людей. С этого началась научно-популярная литература Нового времени.

13.17. основоположником научно-популярной литературы в Новое время был Галилей (см. решение задачи 13.16). Предшественником Галилея в античном мире был Платон, а позднее Тит Лукреций Кар, изложивший в поэме «О природе вещей» атомную теорию Демокрита.

13.18. Вероятно, Декарт назвал бы своим предтечей Евдокса — первого математика, который понял, что *точки* прямой можно изоб-

ражать числами. Декарт сделал следующий шаг: изобразил точки плоскости *парами чисел* и определил *расстояние* между точками с помощью теоремы Пифагора.

13.19. Изучив все кривые *второго* порядка и не обнаружив ничего нового (по сравнению с известными коническими сечениями), Декарт занялся кривыми *третьего* порядка. Здесь он нашел ряд интересных примеров (включая «лист Декарта» с одной точкой самопересечения), но полную классификацию таких кривых получить не сумел, поскольку избегал долгих вычислений.

Через 40 лет такую классификацию осуществил Ньютон, видимо, просто для развлечения.

13.20. По характеру Декарт был ленив и не углублялся в долгие расчеты, если не видел в конце возможного решения красивой задачи. Таких задач в аналитической стереометрии Декарт не заметил. Не исключено также, что Декарт был разочарован невозможностью представить любую кривую в *пространстве* одним уравнением, как представляются кривые на плоскости.

Стоит отметить, что даже аналитическую планиметрию Декарт изложил только для *положительной* четверти плоскости, не желая углубляться в действия над отрицательными числами.

13.21. Декарт в книге «Геометрия» (1637 г.) впервые ввел числовые координаты точек плоскости — любых или лежащих на графике выбранной функции. Но он был готов рассматривать только графики *алгебраических функций*, заданных явными формулами.

13.22. Оба математика независимо друг от друга создали аналитическую геометрию плоскости и начали изучать алгебраические кривые на плоскости. Декарт опередил Ферма в публикации своих результатов (1637 г.), а Ферма за всю жизнь не напечатал ни одной книги. Видимо, главная причина в том, что Ферма жил не в Париже, а в провинциальной Тулузе и был чужд столичной гонке за первенством.

13.23. Это впервые сделал Декарт в своем изложении аналитической геометрии плоскости (1637 г.). Но он рассматривал только *алгебраические числа* (которые являются корнями рациональных многочленов) и *алгебраические кривые* на плоскости. Таким образом, Декарт продолжил в теории чисел скорее традицию Тэетета, чем геометрическую традицию Евдокса.

13.24. Декарт не изучал кривые *четвертого* порядка — например, *лемнискату* («восьмерку»), которую впервые исследовал Даниил Бернулли; не изучал он и графики функций, *не заданных* многочленами, — например, синусоиду.

13.25. Декарт умел строить *касательную* прямую к алгебраической кривой в данной ее точке. Но вычислить *площадь*, ограниченную данной кривой, Декарт не умел.

13.26. Ферма́ (как и Декарт) занимался только построением касательных прямых к кривым, заданным формулами. Он доказал, что в точке, где касательная к графику функции горизонтальна, производная этой функции обращается в нуль.

Развивая эту догадку, Ферма́ пришел к выводу, что многие движения природных тел происходят по траекториям, на которых некая функция принимает наименьшее значение. Например, свет в любой среде движется по кривой или ломаной *наименьшего времени*. Так Ферма́ угадал первый частный случай принципа *наименьшего действия*, который в общей форме был найден Мопертюи веком позже, в 1744 г.

13.27. Ферма́ увлекся теорией чисел, когда прочел книгу Диофанта «Арифметика», написанную в виде задачника с решениями. Хорошо зная «итальянскую» алгебру XVI в., Ферма́ легко находил обобщения многих задач, перечисленных Диофантом.

Так Ферма́ пришел к проблеме *совершенных* чисел, которые равны сумме всех своих делителей (включая 1), и нашел все четные числа с этим свойством. Далее Ферма́ занялся остатками от деления целых чисел на данное простое число и доказал «малую теорему Ферма́» о том, что такие остатки образуют *поле* (где всегда выполнимо деление).

Наконец, Ферма́ обобщил уравнение Пифагора на более высокие степени неизвестных (X, Y, Z) и доказал, что в степенях 3 и 4 такое уравнение не имеет решений. Ферма́ был уверен, что его доказательство подходит для *любой* степени n , но он не стал проводить детальных расчетов, поскольку эта проблема не вызвала интереса у парижских математиков.

13.28. Теорией чисел интересовался англичанин Джон Валлис — один из основателей Королевского общества, шифровальщик в армии Кромвеля и позднее — капеллан короля Карла II. Он нашел первую формулу (бесконечное произведение рациональных чисел), которая

сходится к числу π . Кроме того, Валлис первым обнаружил (в частном случае) сохранение *импульса* в упругих столкновениях тел.

13.29. Кроме своей «большой теоремы», Ферма́ не довел до конца рассуждение о совершенных числах. Он доказал, что каждое *четное* совершенное число равно произведению степени двойки и *простого* числа $p(k) = 2^{(2^k)} + 1$, но не смог доказать предположение о том, что *любое* число такого вида — простое. Веком позже Эйлер опроверг эту догадку: при $k = 5$ число Ферма́ $p(5)$ *не простое*. Но общий ответ — какие из чисел Ферма́ $p(k)$ простые — неизвестен до сих пор.

13.30. Первую точную формулу числа π в виде бесконечного произведения рациональных чисел нашел в 1669 г. Джон Валлис. Удачные приближения степеней числа π быстро сходящимися *рядами* рациональных чисел нашел Эйлер в 1750-е годы. Например,

$$\frac{\pi^2}{6} = 1 + \frac{1}{4} + \frac{1}{9} + \frac{1}{16} + \dots$$

13.31. Первый обратил внимание на десятичные системы счисления Лейбниц в 1670-е годы, когда совершенствовал изобретенный им арифмометр. Лейбниц угадал, что *двоичная* система будет наиболее удобна для вычислительных машин.

13.32. Видимо, первый это сделал Исаак Барроу — учитель Ньютона, который позднее передал ему свою должность профессора в Тринити-колледже. Барроу первый составил «интегральные суммы» и рассматривал интеграл как их предел, не пытаясь доказать, что этот предел существует.

13.33. Кроме интегральных сумм (см. решение задачи 13.32), Барроу первый заметил связь между интегралом и производной. Эту связь позже назвали теоремой Ньютона—Лейбница.

13.34. Они независимо друг от друга начали изучать такую характеристику движения тел, как *импульс* (произведение массы и скорости), и заметили, что в простых механических движениях импульс сохраняется.

13.35. Крупнейшее математическое открытие Гюйгенса — уравнение колебаний маятника. Это было первое *дифференциальное уравнение* в истории математики и первое уравнение механики, решениями которого оказались тригонометрические функции. На основе полученного уравнения Гюйгенс построил точные часы с маятни-

ком и доказал, что период колебаний маятника зависит только от его длины и от ускорения свободного падения g в данной точке — на Земле или на другой планете. Это свойство в XVII в. позволило физикам экспериментально выяснить отклонение формы Земли от шара, а позднее применялось при разведке металлических руд (они имеют повышенную плотность — поэтому вблизи месторождения ускорение свободного падения увеличивается).

13.36. Декарт был слабого здоровья, любил комфорт и старался не вступать в конфликт с властями. Услышав об осуждении Галилея за его книги (1633 г.), он решил жить в более веротерпимой стране, чем Франция, и переехал в Нидерланды. Там Декарт прожил много лет, но в 1650 г. соблазнился приглашением шведской королевы Христины, не подумав об опасности шведских морозов. В Швеции Декарт вскоре умер от воспаления легких.

13.37. К 1660 г. голландец Гюйгенс стал самым знаменитым ученым Европы в области математики и механики. В 1663 г. англичане (во главе с Робертом Бойлем) пригласили его участвовать в основании Королевского общества. Через три года французы (во главе с Жаном Пикаром) пригласили Гюйгенса на пост первого президента новорожденной Академии наук. Гюйгенс занимал этот пост до 1681 г.: тогда король Луи XIV начал ущемлять права протестантов, и Гюйгенс вернулся на родину, где провел последние 14 лет жизни.

13.38. Этот рассказ — правда. Ньютон начал изучать геометрию по книге Декарта: через формулы, а не через аксиомы и построения циркулем и линейкой. Сходное начало научной биографии было у Эвариста Галуа в начале XIX в.: он учил геометрию по «аналитическому» учебнику Лежандра.

13.39. Ньютон окончил учебу в Тринити-колледже в 1665 г. в возрасте 22 лет, не прославившись ничем, кроме усердия и нелюдимости. Летом 1665 г. в Англии началась эпидемия чумы. Ньютон скрылся от нее в деревне и провел полтора года в уединенных размышлениях. Осенью 1667 г. он вернулся в Кембридж, уже зная основные факты математического анализа функций и законы теоретической механики.

13.40. В математическом анализе Ньютон сделал два главных открытия: он первый понял, что большинство природных процессов описываются *дифференциальными* уравнениями и что решение такого уравнения удобно искать в форме *степенного* ряда (по-скольку степенные ряды можно дифференцировать и интегриро-

вать почленно). После этого оставалось открыть уравнения движения небесных тел. К счастью, это оказались *линейные* уравнения *второго* порядка, поэтому их решение не представило больших трудностей для Ньютона.

13.41. Выше всех Ньютон ставил Гюйгенса и называл его не иначе как «универсальный Гюйгенс». Это справедливо: ведь Гюйгенс составил и решил первое дифференциальное уравнение теоретической механики (уравнение колебаний маятника). Гюйгенс также построил первые точные часы, без которых невозможно было бы проверить справедливость гипотез Ньютона о тяготении.

Следующим после Гюйгенса великим ученым Ньютон считал Декарта (творца аналитической геометрии и общего понятия функции), а также своего учителя Барроу, который открыл связь между операциями интегрирования и дифференцирования функций.

13.42. Вероятно, таким учителем следует считать Гюйгенса. Самый выдающийся его ученик, общавшийся с ним непосредственно, — Лейбниц, а через письменные тексты — Ньютон.

13.43. Первое и главное открытие Ньютона в механике — закон обратных квадратов в формуле всемирного тяготения как необходимое условие справедливости законов Кеплера. Важнейшие следствия из этого закона — сплюснутость Земли у полюсов, а также прецессия Земли (открытая Гиппархом). Эти факты не смогли ни угадать, ни доказать с помощью математики лучшие физики прежних поколений.

В оптике Ньютон первый разложил свет Солнца в спектр с помощью стеклянной призмы и понял природу радуги. Но его теория света как потока частиц оказалась ошибочной.

13.44. Сначала Ньютону не хватало астрономических данных о форме Земли: сплюснута ли она у полюсов (как предсказывает его теория) или вдоль экватора (как следовало из прежних, более грубых наблюдений)? Потом Ньютон старался изложить основы исчисления *флюксий* и *флюент* на привычном большинству математиков языке Евклида и Архимеда, чтобы не испугать научную общественность трудной и нестрогой алгеброй степенных рядов. Наконец, Ньютон предвидел, что публикация его открытий (явно запоздалая) вызовет долгие и неприятные споры о приоритете, а он не был красноречив и питал отвращение к устным спорам. Только настойчивость Галлея и его материальная помощь привели к появ-

лению главной книги Ньютона «Математические принципы натурфилософии» в 1687 году.

13.45. Друзьями и покровителями Ньютона в старшем поколении ученых были Барроу, Валлис, Бойль и Гюйгенс. Все они признавали полное или частичное превосходство таланта Ньютона и его открытий над их собственными достижениями.

Противниками Ньютона оказались Гук и Лейбниц. Оба справедливо считали, что Ньютон пренебрег их приоритетом в открытии многих фактов математического анализа.

13.46. Такой итог кажется неизбежным. Лейбниц впервые приехал в Лондон в 1673 г., когда Ньютон уже получил все основные результаты математического анализа, но еще не умел их изложить на общепонятном языке. В это время Лейбниц не имел личных достижений в математике, кроме построенного им арифмометра. Поэтому Ньютон не принял Лейбница всерьез и отказался встретиться с ним.

Возможно, что при личной встрече Лейбниц сумел бы очаровать Ньютона и помочь ему изложить основы анализа на понятном языке. Но в таком случае имя Лейбница затерялось бы на фоне открытий Ньютона.

13.47. Лейбниц не знал «новейшей» математики до первой встречи с Гюйгенсом в 1671 г. в Париже (куда Лейбниц прибыл с дипломатической миссией и с готовым арифмометром). Эта встреча стала началом пятилетнего ученичества Лейбница. После 1675 г. он самостоятельно сделал главные открытия в математическом анализе и «дискретной» математике, а также построил свой арифмометр.

13.48. Основной профессией (и источником средств к существованию) Лейбниц считал дипломатию. В ней он был мастером, но не был *необходимым* человеком для монархов, которым служил. Лейбниц мог в любой момент покинуть дипломатическую службу и стать профессором Сорбонны, академиком в Париже или Берлине, но при этом его зарплата значительно уменьшилась бы.

13.49. См. решения задач 13.46 и 13.47.

13.50. В области вычислительной математики предшественником Лейбница был Блез Паскаль. Он построил в 1641 г. арифмометр, выполнявший сложение и вычитание. Арифмометр Лейбница выполнял *все* действия арифметики и логические операции над числами.

Еще более давним предтечей Лейбница был Раймонд Луллий — автор первого проекта механического компьютера (1307 г.), угадавший возможность *исчисления высказываний*.

13.51. В отличие от Ньютона, Лейбниц умел и любил давать точные *определения* и вводить удобные *обозначения* тех объектов, с которыми работал. Поэтому система понятий Лейбница (производная, интеграл, дифференциал и т. п.) прижилась в математическом анализе функций, тогда как флюксии и флюенты Ньютона были забыты.

Ньютон был мыслитель *интуитивного* стиля, причем его интуиция была готова охватить *любые* объекты науки, которые поддаются наглядному воображению и исчислению. Так Ньютон стал одновременно математиком и физиком, Лейбниц же в физике остался проницательным дилетантом.

Кроме того, у Ньютона был характер спортсмена: его привлекали *трудные задачи*. Лейбниц же по характеру был скорее артист: ему важнее было дать точное *определение* объекту своей работы и рассуждать без ошибок.

13.52. Спор между Тарталья и Кардано шел только о вопросах приоритета; *методы* работы этих математиков были одинаковы, так что любой из них мог заменить другого. Напротив, Ньютон и Лейбниц воплощали *разные* стили мышления и стремились к разным целям.

Соперничество двух талантливых ученых столь разного типа было полезно для научной общественности. Молодые математики и физики могли видеть, сколь разные пути успешно ведут к одной цели, и подражать тому лидеру, который им ближе по стилю работы.

13.53. Когда Лейбниц понял, что сделал свои главные открытия в науке, а в дипломатии не достигнет большего, чем уже имеет, он решил заняться налаживанием научных исследований там, где их традиция отсутствует. В 1700 г. Лейбниц по просьбе короля Пруссии организовал в Берлине Академию наук и стал ее первым президентом. Он был готов повторить такой опыт в Петербурге и составил проект Российской академии наук по заказу Петра I в 1714 г. Но Лейбниц не дожид 8 лет до открытия этой академии.

13.54. Ньютон ввел понятия *силы* и *ускорения*. В это же время Валлис и Гюйгенс ввели понятие «количество движения» (*импульс*), а в конце XVII в. Лейбниц ввел понятия кинетической и потенциальной *энергии*.

Ньютон не проявил интереса к открытиям своих коллег потому, что надеялся: трех понятий (сила, скорость, ускорение) хватит для описания всех движений физических тел. Он не видел нужды в сосуществовании разных картин мира в рамках одной науки — физики.

13.55. Экспериментально был выведен *второй* закон Ньютона (о пропорции между силой и ускорением) и частично — закон всемирного тяготения (который Ньютон проверял по наблюдаемому движению Луны, по форме Земли и другим астрономическим фактам).

13.56. Роберт Гук утверждал, что он раньше Ньютона доказал присутствие обратного квадрата расстояния в формуле силы всемирного тяготения (на основе первых двух законов Кеплера). Возможно, так и было. Научная сила Ньютона проявилась в том, что он проверил полученную гипотезу на всей совокупности ее *астрономических* следствий. Сюда входили: вековая прецессия Земли, наблюдаемая прецессия Луны, сплюснутость земного шара около полюсов, размеры приливов в океане и многие другие факты.

13.57. Ньютон и Гюйгенс предложили две независимые и, казалось, несовместимые модели света — корпускулярную и волновую. Волновая модель лучше описывала некоторые световые явления (дифракцию, интерференцию). Но эти явления можно объяснить (качественно, без расчетов) и на основе корпускулярной теории света.

Ньютон и Гюйгенс понимали, что наличных фактов оптики *недостаточно* для уверенного подтверждения одной из моделей света. Таким подтверждением могло бы стать измерение *длины* световых волн — его произвел Юнг в 1803 г. — либо обнаружение *квантов* света, что удалось Планку в 1900 г.

Догадаться о возможности *объединения* двух моделей света могли бы Ньютон и Гюйгенс, если бы в XVII в. какие-либо две *разные* модели физического мира доказали свою эквивалентность — хотя бы в механике. Но «вторая» механика (на основе законов сохранения) была сформулирована только в XIX в.

13.58. Ньютон нередко увлекался трудными задачами математики и решал их, а потом навсегда покидал эту область науки. Например, в аналитической геометрии он выполнил классификацию кривых третьего порядка, которую не довел до конца Декарт. В алгебре чисел и многочленов от многих переменных Ньютон придумал полезный комбинаторный «метод многоугольников».

13.59. Видимо, Ньютон был все-таки геометром. Это проявилось сначала в его интуитивной работе с флюксиями и флюентами (которые он рассматривал как механические процессы), а потом в геометрическом стиле доказательства всех фактов в книге «Математические принципы натурфилософии». Явный алгебраист Лейбниц никогда не написал бы книгу в таком стиле.

13.60. Кроме математики, физики и химии Ньютон интересовался богословием. Его главным результатом в этой области можно считать отказ от догмата о единстве Троицы и приход к *унитаризму* (согласно которому Христос *сотворен* Богом Отцом). Ньютон хранил свое убеждение в секрете даже от лучших друзей.

13.61. Лейбниц любил общаться с людьми и *словами* убеждать их в справедливости той или иной вещи. Оттого он занимался дипломатией всю свою жизнь, и довольно успешно.

Ньютон был плохой оратор и считал, что в споре истина может только погибнуть. Поэтому он избегал любого вмешательства в политику. Но в 1687 г., когда непопулярный король Англии Яков II пытался ущемить привилегии университетов, Ньютон стал одним из лидеров ученой оппозиции. Вскоре Яков II был свергнут, а Ньютона за заслуги избрали в парламент. Там он пробыл пять лет, не произнеся ни одной речи: во время заседаний он мысленно вел научные или богословские рассуждения.

13.62. Ньютон увлекся химией после того, как завершил свою работу в теоретической механике созданием свода ее законов (принципов). Он сознавал, что в природе могут быть иные принципы. Вероятно, они проявляются в электрических явлениях (где одинаковые заряды *отталкивают* друг друга) и в формах кристаллов (которые безуспешно пытался объяснить Кеплер). Вероятно, Ньютон надеялся угадать новые принципы природы, наблюдая химические реакции, но не достиг успеха.

13.63. Главное открытие Лейбница в физике — факт сохранения суммы кинетической и потенциальной энергии в качаниях маятника и в упругих столкновениях шаров. Интерес к этим явлениям Лейбниц унаследовал от своего главного учителя — Гюйгенса. Ньютон не проявил интереса к понятию энергии, поскольку был уверен, что уже знает *все* главные понятия физики (скорость, ускорение и силу), которых достаточно для объяснения всех природных процессов.

Пьер Ферма

(комментарии к ошибкам)

¹ 4 декабря 1652 г. — это годовщина смерти кардинала Ришелье. В такой день могли служить мессу в его память — но не устраивать торжественное собрание в государственном учреждении.

² Имя кардинала Ришелье — Арман Жан, а не Антуан.

³ Ришелье основал в 1635 г. Французскую академию (языка и литературы), а не Академию наук: она возникла лишь в 1666 г.

⁴ В 1632 г. войска Франции ещё не вступили в Тридцатилетнюю войну. Ришелье предпочитал поддерживать деньгами шведского короля Густава Адольфа против католиков Габсбургов, чем передавать управление французской армией в руки самовольной феодальной знати.

⁵ В XVII в. династия Габсбургов правила не в Пруссии, а в Австрии и в Испании.

⁶ В 1632 г. Ришелье был уже кардиналом, а не простым епископом.

⁷ В 1632 г. королём Франции был не Людовик XIV (он тогда ещё не родился), а его отец — Людовик XIII.

⁸ Ни Ферма, ни Декарт, ни Мерсенн не дожили до основания Парижской Академии Наук в 1666 г. — так что академиками они не были.

⁹ Вольнодумец Декарт никогда не сотрудничал с правителями Франции или с её ведущими церковниками. Он рано перебрался в Нидерланды, знаменитые широкой веротерпимостью. Но Ришелье разрешил печатать труды Декарта во Франции.

¹⁰ В католической Франции XVII в. деятельность астрологов была официально запрещена и сурово каралась. За сотрудничество с ними математики или астрономы могли быть приговорены к тюрьме или к большому штрафу и церковному покаянию.

¹¹ В 1652 г. премьер-министром Франции был кардинал Джулио Мазарини. Кольбер был тогда его помощником по финансовым делам.

В 1666 г. Жан Батист (а не Жан Пьер) Кольбер (уже в роли министра финансов) стал учредителем и контролёром Королевской академии наук. Её первым президентом стал Христиан Гюйгенс.

¹² В XVII в. в России не было русских учёных людей, известных в Западной Европе. Но во всех европейских столицах (включая

Стамбул) жили учёные европейцы, переписывавшиеся с парижским сообществом со времён Мерсенна — то есть с 1630-х годов.

¹³ Как ни странно, Ферма и Декарт не связывали «комплексные» числа (изобретенные итальянскими алгебраистами) с теми числовыми координатами на плоскости, которые они сами придумали. Такую связь («комплексную плоскость») математики заметили и начали использовать лишь в конце XVIII в.

Ферма не знал ни одного удачного примера, где бы комплексные числа помогли решению какой-то задачи о натуральных числах. Поэтому он никогда не применял комплексные числа в своих рассуждениях (будь то алгебра или анализ).

¹⁴ Пьер Ферма не был гасконцем: он жил на юго-востоке Франции — в Тулузе (древней столице Лангедока).

¹⁵ Ферма доказал свою «Большую Теорему» для степеней 3 и 4 около 1637 г. Но все его доказательства были чисто арифметические: они не использовали аналитическую геометрию, в создании которой Ферма активно участвовал.

¹⁶ Кубическое уравнение, задающее «декартов лист» на координатной плоскости, сильно отличается от «уравнения Пифагора». Поэтому декартов лист бесполезен для доказательства теоремы Ферма.

¹⁷ Иоганн Кеплер в начале XVII в. умел вычислять только самые простые интегралы: от многочленов или близких к ним функций. Кеплер не умел рассчитать длину дуги эллипса или гиперболы: эти интегралы не берутся в элементарных функциях.

¹⁸ Южанин Виет был от рождения католиком — но не фанатиком. Когда король Наварры — гугенот Генрих Бурбон принял католичество (ради Парижской короны) и наследовал королю-католику Генриху III, придворный математик Виет последовал примеру короля.

¹⁹ Франсуа Виет умер ещё в начале XVII в.

²⁰ Физик и философ Блез Паскаль был не столько католиком, сколь вольнодумцем — ещё более либеральным в делах веры, чем Декарт.

²¹ В 1652 году во Франции не могло быть официальных гостей из Англии. Дипломатические связи между этими странами были порваны в 1649 г. — после казни короля Карла I.

²² Аристократ и физик Роберт Бойль в 1652 г. жил в сельской глубинке — подальше от революционного безумия. Напротив, математик и священник Джон Валлис служил тогда шифровальщиком при штабе парламентской армии. Позднее (в 1660 г.) они оба стали членами-учредителями Королевского общества в Лондоне.

²³ Первым президентом Королевского общества в Лондоне стал в 1660 г. лорд Вильям Броункер — способный математик и самый родовитый среди английских учёных той поры. Бойль не пожелал занять этот административный пост.

²⁴ Английское Королевское общество в Лондоне образовалось в 1660 году — сразу после возвращения на трон короля Карла II, по приглашению Парламента.

²⁵ Христиан Гюйгенс в 1652 г. был ещё юношей и жил в родной Голландии. Он приехал в Париж в 1655 г. — чтобы жить и работать в центре континентальной учёности. Здесь он сделал свои первые изобретения и открытия (часы с маятником, микрометр, кольца Сатурна, дифференциальные уравнения) и стал первым президентом Академии наук в 1666 г.

²⁶ Братья Якоб и Иоганн Бернулли в 1652 г. ещё не родились. Позднее они жили в Базеле (Швейцария), а Париж посещали редко.

²⁷ Первую античную Академию основал в Афинах Платон — через полтора года после смерти Пифагора. Школа Пифагора в Южной Италии распалась после смерти её основателя (500 г. до н. э.), но Академия Платона процветала в течение 9 веков — пока её не закрыл христианский император Юстиниан.

Исаак Ньютон

(комментарии к ошибкам)

¹ Главное из описанных событий — воцарение в Англии Вильяма III Оранского — произошло в 1688 г.

² Вильям I Завоеватель жил в XI в.; Вильям III прозвища Завоеватель не имел, ибо пришел к власти мирно, по призыву английского парламента.

³ Вильям III (1650—1702) Оранский был правнуком и наследником Виллема I Молчаливого (1533—1584) — первого президента (статхудера) Республики Нидерландов.

⁴ Карл I Стюарт был свергнут и казнен в 1649 г.: тогда его сын (будущий Карл II) бежал на материк и до 1660 г. жил то во Франции, то в Нидерландах.

⁵ Карл I происходил из династии Стюартов, а не Тюдоров. Самозванцем он не был, а наследовал своему отцу Якову I, который взшел на престол в 1603 г. как ближайший родственник покойной королевы Елизаветы I Тюдор.

⁶ Яков I был не сыном, а отцом Карла I.

⁷ В 1688 г. англичане свергли и изгнали не Якова I, а Якова II — брата Карла II и сына Карла I.

⁸ Яков II был католик, гугеноты (французские кальвинисты) признали бы его правителем только под угрозой силы. Ла-Рошелью правил с 1629 г. наместник короля Франции, для Якова там места не было.

⁹ Вильям III вырос в Республике Нидерландов, но не был учеником Декарта, который умер еще в 1650 г.

¹⁰ В 1688 г. английская наука *не* отставала от континентальной: Королевское общество действовало с 1662 г., а в 1687 г. была напечатана книга Ньютона «Математические принципы философии природы».

¹¹ Роберт Бойль был физиком и химиком. «Чистой» математикой он *не* занимался и с Декартом в этой сфере не соперничал.

¹² Лейбниц *не* опережал Ньютона в изобретении математического анализа. Но первые статьи Лейбница на эту тему вышли в свет в 1684 г. — до публикации главной книги Ньютона. Из-за этого между учеными возникла антипатия.

¹³ Пьер Ферма всю жизнь работал в своей родной Тулузе (на юге Франции), изредка посещая Париж. В Берлине он не бывал, никаких научных учреждений в XVII в. там не было.

¹⁴ Основы теории вероятностей были созданы в 1650-е гг., в письменном диалоге между Пьером Ферма и Блезом Паскалем из Парижа. Ньютон не занимался этой областью науки.

¹⁵ В 1688 г. в Европе работали только две сильные академии наук: в Англии — с 1662 г., во Франции — с 1666 г. — и ряд менее сильных ученых обществ в Италии.

¹⁶ Кардинал Ришелье основал в 1630-е гг. не Академию наук, а Французскую академию языка и литературы. Академию наук во Франции, по образцу английского Королевского общества, основал (от имени короля Луи XIV) министр Кольбёр в 1666 г.

¹⁷ Тихо Браге работал в Дании, позднее — в Праге (столице Германской империи); там же работал в начале XVII в. Иоганн Кеплер. Кассини, Рёмер и Лейбниц работали в Париже после 1666 г. по приглашению организаторов Академии наук. Торричелли (ученик Галилея) работал только в Италии.

¹⁸ В Голландии (Нидерландах) в XVII в. не было академии наук. Величайший ученый-голландец — Христиан Гюйгенс стал первым президентом Парижской академии наук в 1666 г. Он был также среди первых членов английского Королевского общества.

¹⁹ Первый зеркальный телескоп изобрел и изготовил Ньютон в 1668 г. За это он был избран членом Королевского общества.

²⁰ Первым заметил кольца Сатурна Галилей в 1610 г. Но его телескоп был слаб, и он не смог понять, какое тело наблюдает. Это удалось Гюйгенсу в 1650-е годы с помощью сильного линзового телескопа.

²¹ Канцлер Англии Фрэнсис Бэкон организовал в начале XVII в. первый научный кружок в Англии («Новую Атлантиду»). Он умер в 1626 г., задолго до создания Королевского общества.

²² Ф. Бэкон не исследовал гипотезу об атомах. Ею увлекся позже Роберт Бойль: он обосновал ее открытой им связью между давлением газа и его объемом. Но полное доказательство существования атомов было получено лишь в середине XIX в. усилиями многих физиков начиная с Джона Дальтона.

²³ Микроскоп был изобретен многими учеными и механиками XVII в. Гук построил один из первых микроскопов и исследовал с его помощью растительные ткани, впервые открыв *клетки*.

²⁴ Микробы открыл голландский оптик-любитель Левенгук в конце XVII в.

²⁵ Ньютон *не* составлял *уравнений* движения небесных тел. Это сделали в XVIII в. французские математики Лагранж и Лаплас. Измерить силу притяжения между небесными телами Ньютон мог только путем расчетов, на основе наблюдения траекторий планет и открытых им законов механики. Так он узнал приближенные *отношения* масс некоторых тел в Солнечной системе. Массы планет были точно установлены лишь в опытах XIX в., включая прямое измерение гравитационной постоянной.

²⁶ Главная книга Ньютона была издана на частные средства, с помощью астронома Эдмунда Галлея. Тогдашний Король Карл II в этом не участвовал.

²⁷ Директором Монетного двора Ньютона назначил Вильям III. Это поручение Ньютон принял охотно (из-за высокой зарплаты) и показал себя отличным администратором и инженером.

²⁸ Английское Королевское общество было создано в 1662 г. от имени короля Карла II Стюарта, по инициативе большой группы ученых англичан во главе с Бойлем, Валлисом и Гуком. Ньютон был тогда студентом и в этом деле не участвовал.

²⁹ Роберт Гук был ассистентом Роберта Бойля и стал ученым секретарем Королевского общества в 1677 г. Между Гуком и Ньютоном

не было дружбы. Ньютон согласился стать президентом Королевского общества только после смерти Гука — в 1703 г.

³⁰ Эдмунд Галлей был назначен Королевским астрономом еще при Карле II в 1681 г. Он стал организатором Гринвичской обсерватории и всю жизнь дружил с Ньютоном.

³¹ Джон Дальтон работал в начале XIX в., Вильям Гершель — в середине XVIII в. Они не были связаны с Ньютоном и его коллегами. Измерить массы атомов удалось лишь после экспериментального определения числа Авогадро, в начале XX в. — с участием Эйнштейна и Перрена.

³² Измерить расстояния до ближайших звезд астрономам удалось только в 1840-е годы. Это сделали Бессель и Струве.

³³ Джон Валлис был капелланом Карла II и отличным математиком. Он нашел первую точную формулу числа π (в виде бесконечного произведения) и первый заметил сохранение *импульса* — либо *кинетической* энергии при упругом ударе тел.

³⁴ Закон сохранения *полной* механической энергии впервые предложил Лейбниц в 1693 г. на основе изучения переходов энергии в качаниях маятника. Ньютон не участвовал в «энергетической» перестройке теоретической физики: он признавал лишь «силовой» подход к объяснению движений природных тел.

³⁵ В поздние годы жизни Ньютон интересовался химией. Он пытался понять природу «химических сил» и повторял многие опыты алхимиков. Крупных открытий он при этом не сделал и ничего о своих исследованиях не публиковал.

³⁶ Первую химическую *электробатарей* построил Алессандро Вольта в 1799 г. Вскоре после этого химик Николсон разложил воду на водород и кислород с помощью тока. *Синтез* воды из водорода и кислорода первым провел Генри Кавендиш в 1780-е годы.

14. Экспериментальное естествознание в XVII в. (от Галилея до Левенгука)

14.1. Будучи первым астрономом «телескопной эры», Галилей сделал самые простые открытия. Он различил фазы Венеры, обнаружил четыре крупнейших спутника Юпитера (Ио, Европа, Ганимед и Каллисто), заметил изменение длины теней от гор на Луне в течение лунного дня, а также составил приблизительную карту солнечных пятен и по ним определил период обращения Солнца вокруг своей оси.

14.2. Линзовый телескоп, которым располагал Галилей, давал увеличение в 30 раз, но сильно искажал детали изображения. Поэтому Галилей наблюдал кольца Сатурна как два светлых пятна по бокам планеты, угадать их истинную природу он не смог. Это удалось в 1656 г. Гюйгенсу, который располагал хорошим линзовым телескопом (тоже самодельным).

14.3. В 1668 г. Ньютон рассчитал и построил первый *зеркальный* телескоп с двумя параболическими зеркалами, более сильный, чем все прежние линзовые телескопы. За это Ньютон был избран членом Королевского общества (1672 г.) задолго до того, как получили признание его математические открытия.

14.4. Для проверки предсказаний своей теории тяготения Ньютон нуждался в как можно более точных наблюдениях движения Луны (включая ее прецессию), а также в приблизительной информации о форме земного шара (похож ли он на лимон или на репу?) и о прецессии Земли (по вековому коллективному сдвигу звезд на небе). Эту информацию Ньютон получал от современных ему астрономов: француза Кассини и англичанина Флэмстида. Астрономы — люди осторожные, они не торопились с публикацией своих наблюдений; это тормозило работу Ньютона и испортило его отношения со многими учеными.

14.5. Линзовый телескоп увеличивает *угол*, под которым мы видим удаленный предмет. Зеркальный телескоп увеличивает *яркость* удаленного предмета по сравнению с яркостью неба. Поэтому линзовый телескоп (подзорная труба) удобен для наблюдения достаточно ярких или достаточно близких предметов. Зеркальный телескоп позволяет наблюдать и фотографировать очень далекие и слабо освещенные предметы, но не дает такой четкости изображения, как линзовый телескоп.

14.6. Крупнейшие телескопы XX в., расположенные на Земле, имеют диаметр входного отверстия 1 м (линзовый) и 8 м (зеркальный). При больших размерах зеркал и линзы деформируются вследствие своего веса и скачков температуры. Вне Земли (на искусственных спутниках) можно установить сколь угодно большие зеркала, не обязательно состоящие из одного куска. Там труднейшей проблемой становится *ориентация* зеркала на нужный участок неба.

14.7. До XII в. использовались только часы античных типов: солнечные либо водяные. В XIII в. точность механических часов с ги-

рями и зубчатой передачей сравнилась с точностью водяных часов, поэтому их начали устанавливать на башнях. В начале XVI в. появились первые карманные часы со стальной пружиной — очень неточные. До середины XVII в. точность гиревых и пружинных часов постепенно росла, но качественных улучшений не происходило.

14.8. Принципиальная схема часов не изменилась со времен Гюйгенса: в них та или иная деталь совершает гармонические колебания, регулярно получая добавочную энергию. Важнейшее изменение этой детали произошло в XVIII в. После того как Эйлер доказал, что *пружина*, имеющая форму спирали Архимеда, совершает гармонические колебания, часовщики заменили маятник пружиной. Кроме того, в часах появилось много устройств, гасящих внешние удары и ускорения (вроде качки на борту судна).

14.9. Пикар заменил в опыте Эратосфена Солнце звездой, которая имеет точечные размеры; вследствие этого ее положение на небе можно измерить гораздо точнее (при наличии телескопа).

14.10. По наблюдениям Тихо Браге Кеплер смог точно вычислить периоды обращения Меркурия и Венеры вокруг Солнца (поскольку они меньше одного земного года). После этого Кеплер рассчитал для этих двух планет аналог «цикла Метона» — рациональное приближение периода между последовательными нахождениями Солнца, Земли и другой планеты на одном луче. Далее оставалось рассчитать срок очередного наступления такого «противостояния».

Первое прохождение Меркурия по диску Солнца наблюдал в 1631 г. (через год после смерти Кеплера) Пьер Гассенди́.

Первое предсказанное прохождение Венеры по диску Солнца состоялось в 1639 г. Его наблюдал Джереми Хёррокс — молодой английский астроном. Он предложил при следующем прохождении Венеры наблюдать ее *синхронно* из нескольких точек Земли и таким путем точно измерить расстояние между Землей и Венерой (что было сделано Иоганном Энке, но только в 1850-е годы).

14.11. Скорость движения планеты по диску Солнца гораздо больше, чем скорость движения пятна, обусловленная вращением Солнца.

14.12. Этот период примерно равен 27 суткам: его впервые измерил Галилей в 1630 г. по периодичности появления одинаковых групп пятен на Солнце. Точнее, 27 суток — это *экваториальный* период вращения Солнца. Оно вращается как *жидкое* тело, и точки около полюсов заметно отстают от точек, находящихся вблизи экватора.

14.13. Внутренность Солнца ведет себя как *твердое* тело. Это выяснили астрономы XX в. по распространению ударных волн внутри Солнца. Но внешние слои Солнца ведут себя как *жидкость*. Это заметили астрономы XIX в. по движению пятен на Солнце.

14.14. Эти открытия были сделаны в разное время и разными методами. *Угловые* диаметры Марса и Венеры (равные 20—30 секунд — примерно в 60 раз меньше углового диаметра Луны) измерил Гюйгенс в 1660-е годы. Вскоре Кассини измерил *расстояния* до Марса и Венеры: это позволило рассчитать их линейные диаметры. Но измерить угловой диаметр Юпитера сумел только Брэдди в 1740-е годы, а угловой диаметр Сатурна — Гершель в 1770-е годы (по мере появления более сильных телескопов). Сразу после этих измерений были рассчитаны линейные диаметры больших планет: они оказались примерно в 10 раз больше диаметра Земли.

14.15. Наличие на Венере плотной *облачной* атмосферы угадали Ломоносов и другие астрономы в 1762 г., когда при очередном прохождении Венеры по диску Солнца, в начале и конце этого прохождения, вокруг темного диска Венеры наблюдался тонкий, яркий ободок.

Наличие *прозрачной* атмосферы на Марсе было замечено также в XVIII в. по облакам пыли, надолго заслоняющим многие детали на поверхности Марса во время его противостояний с Землей.

14.16. Джованни Кассини начал свою деятельность в Болонье в 1665 г. с измерения периодов вращения Марса и Юпитера вокруг их осей (по движению крупных деталей, заметных на дисках этих планет, например «Красного пятна» на Юпитере). После этого Кассини составил таблицы движения четырех больших спутников Юпитера, чтобы проверить, подчиняются ли они законам Кеплера.

Переехав в Париж, Кассини занялся измерением расстояний от Земли до планет. В 1671 г. он (на основе синхронных наблюдений Марса из Парижа и Гвианы) рассчитал расстояние от Земли до Марса, а также (на основе третьего закона Кеплера) все другие расстояния в Солнечной системе. Далее Кассини начал изучать большие планеты: он нашел четыре новых спутника Сатурна, обнаружил первую щель в его кольце, получившую название щель Кассини, и догадался, что кольца Сатурна не сплошные, а состоят из пыли и мелких камней.

14.17. Галилей первый заметил кольцо Сатурна в 1630 г., но не понял его строение. Гюйгенс в 1656 г. понял, что кольцо Сатурна *плоское*.

Кассини в 1670-е годы обнаружил в кольце Сатурна *щель* и угадал, что кольцо состоит в основном из *пыли* и камней. Мэквелл в 1857 г. *доказал* эту гипотезу Кассини, сочетая механику Ньютона с теорией вероятностей.

В начале XX в. астрономы пришли к выводу, что кольца Сатурна состоят из *снега* (замерзшей воды и затвердевших газов) и что щели между кольцами обусловлены притяжением разных спутников Сатурна. Тогда же появилась гипотеза, что кольцо Сатурна возникло при *захвате* им одной из *комет*. Эта гипотеза была проверена расчетами в 1950-е годы (с помощью компьютеров). В 1980-е годы межпланетные зонды «Пионер» и «Вояджер» обнаружили кольца Юпитера и сфотографировали кольца Сатурна вблизи. Оказалось, что их толщина измеряется лишь *десятками метров* и что они имеют очень сложную структуру: сплетение множества снежных вихрей в форме «странного аттрактора» (этот математический феномен был открыт Джозефом Лоренцем в 1975 г.).

14.18. См. решение задачи 14.17.

14.19. Щели в кольцах вокруг планеты вызваны притяжением спутников этой планеты. Эту гипотезу впервые высказал Лагранж в конце XVIII в., а доказал расчетами Пуанкаре в конце XIX в.

14.20. После обнаружения колец у других больших планет (Юпитера и Урана) можно считать доказанной гипотезу о том, что каждая большая планета производит (с участием Солнца) захват пролетающих рядом комет и превращает их в свои кольца. Эти кольца подвергаются довольно быстрой эволюции под влиянием притяжения планеты и ее спутников: облака газо-водяного снега то слипаются в комья, то дробятся при столкновениях, пока не распадутся (за срок в несколько тысяч лет) на множество новых мелких спутников планеты. Другим источником пополнения колец Сатурна стала вулканическая активность его спутников (Ио и др.), обнаруженная зондами «Кассини» и «Гюйгенс» в начале XXI века.

14.21. Первую такую карту опубликовал немецкий астроном Иоганн Гевелий в 1647 г. в книге «Селенография». Вскоре ее уточнил, добавив много новых названий, Джованни Риччолли.

14.22. Первые детали на поверхности Марса различил Гюйгенс в 1660-е годы. Первую полную карту светлых областей («пустынь») и темных («морей») составил в 1830-е годы Вильгельм Бээр, а «каналы» на ней добавил Джованни Скиапарелли в 1870-е годы.

14.23. Французские астрономы Кассини и Рише в 1671 г. одновременно наблюдали положение Марса среди звезд из двух удаленных точек Земли — Парижа и Гвианы (на экваторе). По этим данным они вычислили расстояние от Земли до Марса, а далее (по законам Кеплера) рассчитали все межпланетные расстояния. Более точный способ, предложенный Кеплером, — путем синхронного наблюдения из разных точек Земли прохождения Венеры или Меркурия по диску Солнца — был успешно применен только в XIX в.

14.24. На поверхности Марса и Юпитера легко заметить крупные детали и с их помощью рассчитать периоды обращения планет вокруг их осей: это сделали Гюйгенс (для Марса) и Кассини (для Юпитера) в середине XVII в. Для Сатурна это сделал в середине XVIII в. Гершель, построивший лучший из современных ему телескопов.

Периоды обращения Меркурия (скрытого в лучах Солнца) и Венеры (скрытой ее облаками) были измерены только в середине XX в. с помощью радиотелескопов.

14.25. Из всех планет доступна глазу только поверхность Марса и (гораздо хуже) Меркурия. Все другие планеты демонстрируют лишь верхний слой своих облаков. Поверхности Венеры и Меркурия доступны наблюдению с помощью радиотелескопа. Большие планеты (Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун), вероятно, не имеют твердой или жидкой поверхности. Их газовые оболочки переходят в плотное состояние без резкой межфазной границы.

14.26. Французский академик и астроном Жан Пикар старался привлечь к работе в новой парижской обсерватории самых удачливых молодых астрономов. Так, он пригласил в 1660-е годы итальянца Кассини (и сделал его директором обсерватории), а в 1670-е годы — датчанина Олафа Рёмера. Эти ученые прославили астрономию крупнейшими открытиями: измерением межпланетных расстояний и скорости света.

14.27. Простой, но неточный метод: измерение ускорения свободного падения g в разных точках Земли через период колебаний маятника данной длины. Более точный метод: измерение длин сторон треугольника с данными астрономическими координатами вершин в двух разных районах Земли — вблизи полюса и вблизи экватора. В 1730-е годы Парижская академия наук направила с этой целью две экспедиции: в Лапландию (под руководством Мопертюй, с участием Клеро) и в Перу (под руководством Кондамина).

14.28. Рёмер рассуждал просто. Если движение спутника Юпитера вокруг планеты периодически и симметрично, а интервалы между его видимыми затмениями меняются в зависимости от земного календаря, — значит, причина этого в *движении Земли* по ее орбите и в *движении сигнала* (т. е. луча света) от Юпитера к Земле. С интервалом в полгода скорости этих двух движений то одинаково направлены, то противоположны, и поэтому то складываются, то вычитаются одна из другой.

Значит, *отношение отклонения периода между наблюдаемыми затмениями спутника к самому периоду равно отношению скорости движения Земли по ее орбите к скорости света*. Итоговая ошибка Рёмера составила около 25 % — хороший результат для первого опыта в новой области науки.

14.29. В 1720-е годы такое измерение произвел Джеймс Брэдли. Чтобы узнать расстояния до звезд, он пытался измерить *параллаксы звезд*, т. е. их сдвиги на небе за полгода. Сначала Брэдли показалось, что он измерил параллакс, отличный от нуля, но величина сдвига оказалась *равной* для всех звезд (что маловероятно, если звезды находятся на разных расстояниях от Земли). В 1728 г. Брэдли понял, что измеренный им «сдвиг» звезд может происходить также вследствие разной направленности движения Земли по отношению к *световому сигналу* от данной звезды (как в опыте Рёмера со светом от спутников Юпитера — см. решение задачи 14.28). Рассуждая далее по схеме Рёмера, Брэдли получил более точное значение скорости света. Эффект, обнаруженный Брэдли, называют *абберацией* света.

14.30. Кеплер интересовался формами кристаллов: например, искал закономерности в формах снежинок. Он также пытался связать правильные многогранники с диаметрами планетных орбит. Наконец, Кеплер написал первый научно-фантастический рассказ с описанием поверхности Луны.

14.31. Еще Клавдий Птолемей знал, что при переходе луча света в *более плотную среду луч приближается к вертикали*. Но Птолемей считал, что при этом неизменно отношение *углов падения* света в начальной и конечной средах. В 1621 г. голландец Снелл рассчитал, что неизменно отношение *синусов* этих углов.

14.32. Грубые измерения этой скорости проводил еще Аристотель и пришел к ложному выводу, что эта скорость сильно зависит от *частоты* звука. В 1630-е годы Пьер Гассенди повторил эти опыты

более точно, наблюдая стрельбу из пушек и звон колоколов с большого расстояния. Он сделал вывод, что зависимость скорости звука от его частоты незначительна.

14.33. В 1650 г. Джованни Риччóли обнаружил, что Мицáр (одна из звезд Большой Медведицы) — *двойная* звезда. Он предположил, что два ее компонента обращаются вокруг общего центра тяжести. Но доказать это сумел только Вильям Гершель, изучив в конце XVIII в. сотни двойных звезд.

В 1718 г. Эдмунд Галлэй первым заметил *сдвиги* отдельных звезд на небе (Сириуса, Прoциóна) за срок около ста лет — со времен Кеплера и Тихо Браге. Но измерить линейные *скорости* движения близких звезд удалось только после установления Бесселем и Струве межзвездных расстояний в середине XIX в.

Первым из астрономов Нового времени обнаружил *новую* (переменную) звезду в созвездии Кита современник Тихо Браге — Фабрициус в 1596 г. (еще до появления телескопа). Позднее ее назвали Мирой Кита. В конце XVIII в. Гершель знал уже сотни переменных звезд и измерил периоды колебаний их светимости.

14.34. Этот вопрос волновал еще Кеплера, но он не мог отличить движение небесного тела по сильно вытянутому эллипсу от движения по параболе. Многие астрономы XVII в. (например, Борéлли и Гевéлий) были уверены, что кометы движутся вокруг Солнца по эллипсам, но они не могли сравнить ни одну из наблюдаемых ими комет с какой-либо кометой, которую наблюдали ранее. Первым, кому это удалось, стал Эдмунд Галлэй: он доказал, что комета 1682 г. наблюдалась Кеплером в 1607 г., Коперником — в 1531 г. и Мюллером — в 1456 г. Галлей предсказал очередное возвращение этой кометы в 1758 г., что и произошло (годом позже, чем было предсказано).

14.35. То, что орбита Луны не окружность, а эллипс, первым заметил Джереми Хоррокс в 1640 г. Он сделал такой вывод из кажущегося «покачивания» (*либрации*) Луны: она вращается вокруг своей оси равномерно, а движется по орбите вокруг Земли с переменной скоростью (согласно второму закону Кеплера). Оттого в разные дни земного месяца астроном может «заглянуть за затылок Луны» с разных сторон: то справа, то слева.

14.36. С этого начал свою научную деятельность в 1676 г. Эдмунд Галлэй: он отправился на остров Святой Елены, построил там обсерваторию и начал составлять каталог видимых звезд. Но погода

на этом острове плохо подходит для наблюдения светил: Галлей сумел измерить координаты только 340 звезд. В 1750 г. Никола́ Лака́й провел более полные наблюдения на мысе Доброй Надежды.

14.37. Торричелли был учеником Галилея и непревзойденным мастером в шлифовке линз. Но главное его открытие — барометр, заполненный водой или ртутью. Торричелли первый понял, что предел высоты, на которую поднимается вода в «пустой» трубке, определяется весом земной атмосферы.

14.38. Отто фон Гэрике был уроженцем Ма́гдебурга и стал мэром родного города в пору, когда тот возрождался от бедствий Тридцатилетней войны (1646 г.). Перед этим Отто закончил знаменитый университет в Лейдене, а в 1650 г. построил первый в мире вакуумный насос и начал ставить опыты с пустотой. Он первый обнаружил (с помощью колокольчика), что вакуум не проводит звук и что атмосферное давление — огромная сила (опыт с «магдебургскими полушариями»).

Кроме этого, Гэрике экспериментировал с электрическими зарядами и установил, что они бывают *двух* сортов (порождаемые при трении шерсти о стекло или о серу), причем *одноименные* заряды *отталкиваются*, а разноименные — притягиваются.

14.39. Паскаль был вундеркиндом: в 1641 г. (когда ему было 19 лет) он построил первый арифмометр, выполнявший сложение и вычитание целых чисел. Позднее, увлекшись физикой жидкостей и газов, Паскаль открыл закон передачи давления жидкостью и провел первые опыты по измерению атмосферного давления в горах на разной высоте.

14.40. Подобно рычагу, гидравлический пресс позволяет значительно увеличить передаваемое усилие за счет разницы в диаметрах цилиндров с жидкостью, передающей давление от руки рабочего к прессуемой детали. Эту связь нашел Блез Паскаль на основе своего закона о передаче давления через жидкость.

14.41. Этот опыт поставил Блез Паскаль с помощью своего брата — опытного спортсмена (см. решение задачи 14.39).

14.42. Научные исследования магнитов впервые провел английский врач Вильям Джильберт в конце XVI в. Он первый понял, что земной шар — огромный магнит, полюсы которого притягивают стрелку компаса по обычным правилам. В этих исследованиях Джильберт использовал факт, замеченный немецким картографом

Герхардом Крёмером (Меркатором): магнитные полюсы Земли не совпадают с ее географическими полюсами, хотя близки к ним.

14.43. В 1656 г. Гюйгенс разгадал природу кольца Сатурна и заметил, что плоскость кольца наклонена к плоскости земной орбиты, поэтому временами кольцо не видно с Земли. Он также открыл первый спутник Сатурна (Титан). Позднее Гюйгенс различил первую деталь на поверхности Марса — Большое Болото (*Syrtis Maior*), но ошибся в ее интерпретации (на Марсе нет жидкой воды).

Наконец, Гюйгенс первый попытался оценить *расстояние до звезд*, сравнив яркости Солнца и Сириуса и предположив, что абсолютная яркость этих светил одинакова. Его оценка оказалась в 20 раз меньше истинной, так как Сириус гораздо ярче Солнца.

14.44. Схему микроскопа предложили около 1610 г. Галилей и Кеплер; но технический уровень этих приборов в начале XVII в. был очень низок, и крупных открытий никто не сделал. В 1650-е годы врач Марчелло Мальпиги впервые успешно применил микроскоп в анатомии: он открыл *капилляры* (в легких лягушки и крыле летучей мыши), которые связывают систему артерий с системой вен, замыкая большой и малый круги кровообращения.

14.45. Будучи ученым секретарем и куратором экспериментов при Королевском обществе, Гук экспериментировал со всеми возможными приборами. В астрономии он открыл несколько двойных звезд (проверяя строение звезды Мицар, открытое Риччоли). В использовании микроскопа Гук шел по стопам Мальпиги и Свámмердама, но заметно превзошел их открытия. Гук первый описал тонкую структуру птичьего пера, а также строение тел насекомых и строение пробки. В пробке он впервые различил *клетки*, из которых состоят живые ткани.

14.46. Левенгук был непревзойденным шлифовальщиком малых линз и доверял им больше, чем сложным микроскопам из нескольких линз (которыми пользовались Мальпиги и Гук). Достигнув увеличения в 200 раз, Левенгук открыл множество живых микроорганизмов в капле грязной воды или слюны. Он также изучал тонкую структуру мышц, волос и тела насекомых. В 1683 г. он впервые наблюдал *бактерии*. Так Левенгук первый убедил просвещенных европейцев в существовании живого *микромира* и в его огромной сложности.

14.47. Гарвей был *механиком* по стилю рассуждений и врачом по профессии. Он первый начал исследовать процесс кровообращения с помощью *измерений* (перетягивая сосуды) и *расчетов* пропускной способности сердца (как мускульного насоса, гонящего кровь). Сначала Гарвей установил, что клапаны внутри сердца и внутри вен работают *односторонне*, поэтому кровь течет по сосудам только в *одну* сторону (вопреки мнению Галена). Затем Гарвей рассчитал, что за один час сквозь сердце проходит объем крови, в три раза превосходящий объем тела человека. Это стало доказательством *сохранения* крови в организме. Свои открытия Гарвей опубликовал в 1628 г., положив начало экспериментальной физиологии. Но, не располагая микроскопом, Гарвей не смог увидеть, как *замыкается* (в мышцах) большой круг кровообращения. Это вскоре сделал Мальпиги.

14.48. См. решение задачи 14.44. Кроме системы капилляров в теле млекопитающих, Мальпиги впервые изучил анатомию насекомых под микроскопом и открыл *трахеи* (хотя не понял, как они работают). Исследуя растения, он открыл их дыхательную систему — *устьица* на листьях. В отличие от Гарвея, Мальпиги не ставил активных экспериментов над животными и растениями.

14.49. В юности Галлей составил первую карту звезд Южного неба, ведя наблюдения с острова Святой Елены. Позднее он начал изучать кометы и открыл среди них первую, которая имеет бесспорно эллиптическую орбиту, потому что возвращается с интервалом около 76 лет. Составляя карту звездного неба, Галлей первый заметил *сдвиги* трех ярких звезд (Сириуса, Прόциона и Арктура) относительно прочих звезд за срок в один век (со времен Тихо Браге).

Галлей был другом Ньютона и в 1684 г. убедил ученого оформить в виде книги его главные открытия в математике и физике. Галлей также дал деньги на печатание «Математических принципов натурфилософии».

14.50. Видимо, Гук сделал огромное множество *инженерных* открытий и изобретений за 40 лет своей работы в качестве куратора экспериментов при Королевском обществе. Но очень немногие из этих открытий вылились в новые научные теории. Самый яркий и удачный пример — исследование упругости стержней и пружин. Там Гук открыл закон прямой пропорции между силой и деформацией упругого тела, получивший название «закон Гука». Он также заметил *независимость* периода колебаний пружины от амплитуды

этих колебаний, т. е. понял, что пружина может заменить маятник в часах.

14.51. Бойль был осторожным и трезво мыслящим экспериментатором в химии и физике, но оригинальных идей у него было мало. Его главный вклад в *физику* (с помощью блестящего экспериментатора Гука) состоит в изучении поведения *газов* при механических нагрузках. Найденная связь между давлением газа (передаваемым одинаково во все стороны, согласно Паскалю) и объемом, который газ занимает, привела Бойля к убеждению, что газ состоит из мелких, но массивных и быстро движущихся частиц, разделенных пустотой. Далее Бойль изучил свойства *пустоты* (вакуума), определив, какие взаимодействия тел она передает, а какие нет.

В *химию* Бойль вернул давнее учение греков об *элементах*, различные комбинации которых составляют все природные вещества. Он «разрешил» химикам увеличивать число природных элементов за счет любых веществ, которые не удастся разложить на другие вещества. В 1680 г. Бойль оказался в числе открывателей *фосфора* — первого нового элемента, неизвестного в античном мире. Бойль также начал классификацию химических веществ, разделив их на *кислые, основные и нейтральные*.

Кроме этих научных открытий, и более всего Бойль прославился как главный организатор Королевского общества — первой общеевропейской академии наук Нового времени.

14.52. Единственным заметным химическим открытием XVII в. был новый элемент — фосфор. Его получили в 1670-е годы разные химики: Хэнниг Брандт, Роберт Бойль и др. Было замечено, что фосфор светится в темноте, но понять механизм этого свечения (окисление в воздухе) удалось лишь в конце XVIII в.

15. На стыке философии с наукой (от Ферма до Лейбница)

15.1. Около 1600 г. в разных городах Италии любители наук организовали кружки, которые приняли имя «академий», подражая древней школе Платона. Например, в Риме образовалась *Academia dei Lincei* (Академия Рысей), ее членом был Галилей, а позднее Мальпиги. Во Флоренции образовалась *Academia dei Cimento*, ее членами были Галилей и биолог Рэди, который опроверг гипотезу о самозарождении насекомых в гнилых фруктах.

15.2. В начале XVII в. вокруг английского политика и любителя наук — Фрэнсиса Бэкона сложился кружок ученых, который назвали «Новой Атлантидой» в честь описанной Платоном идеальной республики, управляемой учеными. К кружку Бэкона был близок врач Вильям Джильберт — первый исследователь магнитов. Позднее в собраниях «Новой Атлантиды» участвовал Вильям Гэрвей — экспериментатор, открывший большой круг кровообращения. После смерти Бэкона (1626 г.) его кружок распался, но его члены и их ученики продолжали общаться в Оксфорде и Кембридже, а в 1663 г. их наследники образовали Королевское общество в Лондоне.

15.3. Бэкон не любил догматическую науку, выросшую из богословия и прикрывавшуюся авторитетом Аристотеля. Он считал, что все истины об устройстве природы можно установить *индуктивно* — из наблюдений и опытов. Сам Бэкон главным образом размышлял о путях экспериментального естествознания, а опыты не ставил. Но (согласно легенде) он умер от простуды после того, как проверил на опыте: замедляется ли гниение мяса, помещенного в снег.

15.4. Главный труд Бэкона получил название «Новый Органон» — в противовес «Органону» Аристотеля. Если Аристотель описал *дедуктивный* метод научного познания, успешно применяемый в математике, то Бэкон пропагандировал *индуктивный* метод, лучше подходящий, по его мнению, для естествознания.

15.5. Деятельность кружка ученых-англичан, собравшихся вокруг Бэкона в начале XVII в., и кружка их наследников, собравшихся вокруг Бойля в середине века, происходила в разных условиях. В начале века ни математика, ни физика не имели значительных достижений, а в середине века (благодаря трудам Кеплера и Галилея) математическое естествознание добилось огромных успехов и стало любимым занятием самых проницательных умов Европы.

15.6. Первым препятствием такого рода Бэкон считал Идол Разума — склонность человека к ошибкам в рассуждениях. Далее следует Идол Рода — склонность верить в то, во что верили предки. За этим идет Идол Пещеры — склонность доверять показаниям своих органов чувств.

Кроме этих *индивидуальных* идолов, есть *коллективные* идолы Рынка и Театра: они отражают склонность человека приходить к единому мнению с окружающими людьми, даже когда разум подсказывает критическое отношение к чужим мнениям.

15.7. Бэкон взял за образец Платона. Но Платон был достаточно терпелив, чтобы обучать молодежь, Бэкону же не хватало терпения и времени. Поэтому он работал со взрослыми людьми — зрелыми исследователями, которые во многом не соглашались с ним.

15.8. Это была смерть истинного ученого-экспериментатора: Бэкон простудился, набивая снегом тушку цыпленка. Плиний Старший погиб, выполняя более рискованный опыт: он наблюдал извержение Везувия и отравился серными газами.

15.9. Роберт Бойль открыл закон упругости для газов, а также получил фосфор и возродил атомную теорию вещества. Роберт Гук открыл закон упругости для твердых тел и обнаружил клеточное строение живых тканей. Джон Валлис открыл первую формулу числа π (пи) (в виде бесконечного ряда сомножителей) и обнаружил сохранение импульса в соударениях твердых тел. Исаак Барроу открыл связь между построением касательной прямой к графику функции и нахождением площади под графиком функции.

15.10. Мерсенн учился вместе с Декартом в знаменитой парижской школе — Коллэже Луи Великого. Окончив его, Мерсенн стал священником, но сохранил интерес к наукам и стал организатором *научной переписки* между десятками европейских ученых, которые редко встречались лично. Например, без писем к Мерсенну пропали бы открытия Ферма́. Мерсенн также подсказал Гюйгенсу мысль использовать маятник для измерения скорости тел, движущихся по наклонной плоскости.

Пикар учился астрономии у Пьера Гассенди́ в вольном университете Коллэж де Франс и прославился уточнением метода Эратосфена в измерении размеров Земли: вместо Солнца он использовал звезду. Король Луи XIV назначил Пикара директором новой парижской обсерватории, и тот привлек в нее многих ярких астрономов (включая Кассини и Ре́мера). Позднее Пикар стал главным организатором Парижской академии наук и добился назначения Гюйгенса ее президентом.

15.11. Это верно: Ришелье основал в 1635 г. Французскую академию (языка и литературы), а Кольбер в 1666 г. — Академию наук. Обе они действуют сейчас в составе Института Франции, вместе с академиями художеств и надписей (где занимаются археологией и лингвистикой).

15.12. Кардинал Ришелье был гуманитарием по склонностям: он основал Академию языка и литературы, одна из задач которой — регулярное переиздание словаря живого французского языка. Министр финансов Кольбер любил технику и те науки, которые обеспечивают технический прогресс. Поэтому он помог французским математикам и естествоиспытателям создать Академию наук.

15.13. Первым президентом Королевского общества стал в 1662 г. лорд Вильям Брúnкер — любитель математики, который начал изучать непрерывные дроби и представил логарифм числа как сумму бесконечного ряда. Первым президентом Парижской академии наук был в 1666—1681 гг. Христиан Гюйгенс — создатель математической теории маятника, первых точных часов и автор волновой теории света.

15.14. Ньютон был избран членом Королевского общества в 1672 г. за изобретение и постройку первого зеркального телескопа. Лейбниц был избран членом Общества в 1679 г. за изобретение и постройку первого арифмометра с четырьмя действиями.

В 1703 г. Ньютона избрали президентом Королевского общества (он оставался на этом посту до смерти). Лейбниц в 1700 г. стал основателем и первым президентом Прусской академии наук в Берлине.

В 1700 г. Ньютон и Лейбниц были избраны членами Парижской академии наук за свои открытия в математическом анализе функций.

15.15. С самого начала деятельности Общества Гук был его бесшменным ученым секретарем и «главным инженером» — демонстратором всех экспериментов, о которых члены Общества узнавали из писем иностранных ученых. Но «плебейское» происхождение Гука и его дурные отношения с Ньютоном помешали Гуку стать президентом Общества. Впрочем, сам Ньютон согласился стать президентом Общества только после смерти Гука. Между Броункером и Ньютоном президентами Общества избирались Бойль и Рэн.

15.16. Первые печатные газеты появились в Германии в 1610—1620 гг. Они (как и листовки XVI в.) печатались по-немецки и были посвящены текущей политике. Первый журнал, посвященный деятельности ученых (*Journal des Savants*), начал выходить (на латыни) в Париже в 1665 г. Вскоре обе академии наук — в Лондоне и Париже — начали регулярно публиковать отчеты о своих заседаниях.

15.17. О Пикаре см. решение задачи 15.10; о Гюйгенсе — 15.13; о Кассини — 14.26; о Рёмере — 14.28; о Ньюtone и Лейбнице — 15.14.

15.18. Первым академиком двух академий стал Гюйгенс. Он уже был одним из членов-основателей Королевского общества в Лондоне, когда в 1666 г. его избрали президентом Академии наук в Париже. Первым академиком трех академий стал Лейбниц в 1700 г., когда он, уже будучи членом Парижской и Лондонской академий, основал Прусскую академию наук в Берлине. Первым академиком четырех академий (Петербургской, Берлинской, Парижской и Лондонской) стал Даниил Бернулли в 1757 г. Вскоре та же честь выпала Леонарду Эйлеру.

15.19. Вот задача, которую решал Пьер Ферма: какова вероятность того, что случайно выбранная хорда в круге будет длиннее стороны правильного вписанного треугольника?

Эта задача имеет три разные корректные постановки, в зависимости от того, как мы задаем случайную хорду. Если задать ее парой точек на окружности (концами хорды), то искомая вероятность равна $1/3$. Если задать хорду точкой на радиусе окружности (которая будет серединой хорды), то искомая вероятность равна $1/2$. Если задать хорду точкой в круге (приняв ее за середину хорды), то искомая вероятность будет равна $3/4$.

15.20. Пример такой задачи: K писем, адресованных K разным людям, вложены в чистые конверты. Эти конверты перемешали и произвольно написали на них адреса всех K людей. Какова вероятность того, что хоть одно письмо дойдет до адресата? Ответ: $1 - 1/e$.

15.21. Задача такова: плоскость разбита на части параллельными прямыми, расстояние между которыми равно 1. На эту плоскость бросается игла длины 1. Какова вероятность того, что эта игла пересечет одну из прямых? Ответ: $2/\pi$.

15.22. Этот закон был впервые замечен Якобом Бернулли в конце XVII в. Известно, что при многократном бросании монеты обе ее стороны выпадают почти одинаково часто. Насколько велико может быть отклонение от равенства числа «орлов» и «решек»? Как меняются границы этого отклонения с ростом числа бросаний? Якоб Бернулли нашел первые аналитические формулы, позволяющие решать такие задачи.

15.23. Семья Бернулли переехала в Швейцарию из Нидерландов в конце XVI в. вследствие религиозных преследований. Здесь род Бернулли дал много мастеров: часовщиков, инженеров. В 1680-е годы бра-

тя Якоб и Иоганн Бернулли, увлекавшиеся математикой, прочли первые статьи Лейбница, посвященные математическому анализу. Придя в восторг от новой математики, братья начали решать с ее помощью все более трудные задачи. В 1690-е годы Иоганн Бернулли начал учить новой науке любознательных студентов, включая своих сыновей и племянников, а также француза Лопитáля — в Париже. Вскоре, в 1696 г., там появился первый учебник математического анализа, составленный Лопиталем по лекциям Бернулли.

15.24. Ньютон был великим исследователем природы, но не увлекался человеческой психологией. Научная работа была для него главной формой *личного* самовыражения, а то, как другие люди воспринимают его труды, имело для него мало значения. Поэтому Ньютон питал отвращение к любым дискуссиям и очень неохотно писал книги, даже научные. Бэкон был полной противоположностью Ньютону: крупный просветитель и хороший организатор (даже лорд-канцлер Англии), но незначительный исследователь.

15.25. Измерить давление света впервые удалось Петру Николаевичу Лебедеву в 1901 г. с помощью зеркальной вертушки, подвешенной в вакууме. Так сбылась мечта Ньютона: выяснить, является ли свет механической силой.

15.26. Электромагнитные силы играли ведущую роль в Солнечной системе в эпоху ее *формирования* из газового облака, которое было частично ионизировано. В результате *кинетическая энергия* и момент импульса своеобразно распределены в нашей планетной системе: Солнцу досталось около 1% этой энергии, а Юпитеру — более 50%. Этот факт не поддавался объяснению астрономов XVII—XVIII вв., которые рассуждали в рамках механики Ньютона. В нашу эпоху давление света Солнца порождает хвосты комет — и такие же хвосты у всех планет, имеющих атмосферы.

15.27. Согласно концепциям современной физики *фотон* (передающий электромагнитное взаимодействие частиц) и *гравитон* (передающий тяготение частиц) — частицы с нулевой массой, которые различаются только своей *симметрией*. Фотон — *векторная* частица, а гравитон — *тензорная* частица, поэтому одинаковые массы притягиваются друг к другу, а одинаковые заряды отталкиваются. Такую модель фотона ввел в физику Максвелл в 1867 г., а модель гравитона ввел Эйнштейн в 1915 г. Ньютон первый догадался, что

симметрия природных тел вызвана особыми силами, но не смог найти математическую основу симметрии.

15.28. Ньютон считал, что любые частицы (в том числе частицы света) устроены *просто*: как тяжелые или легкие точки. Если частицы по-разному ведут себя в вакууме, значит, вакуум устроен *непросто*. Но изобрести *модель* вакуума Ньютон не смог.

Напротив, Лейбниц был готов признать частицы (*монады*) сколь угодно *сложными* объектами. Но для описания такой модели ему (как и любому другому ученому XVII—XVIII вв.) не хватало математического аппарата. Такой аппарат (теория групп) появился лишь в начале XIX в., а в физику он проник в конце XIX в. Вследствие этого учение Лейбница о монадах осталось натурфилософской концепцией, не прижившись ни в математике, ни в физике.

15.29. Согласно квантовой теории фотон может в разные моменты времени пребывать в разных состояниях. Кроме основного состояния («один фотон»), возможны такие состояния, как: «три фотона», «электрон и позитрон», «протон и антипротон» и многие другие. Все эти роли принимаются фотоном с разной вероятностью и ненадолго, но с 1948 г. физики умеют численно измерять и предсказывать наблюдаемые эффекты, вытекающие из такой модели фотона. Лейбниц был бы рад узнать о таком математическом воплощении своей идеи бесконечно сложных монад.

15.30. Как и фотон (см. решение задачи 15.29), электрон может пребывать в разных состояниях. Например, он может на короткое время испустить фотон, который успеет перескочить к соседнему протону и поглотиться в нем. Такие перескоки *ненаблюдаемых* («виртуальных») фотонов вызывают *электромагнитное* взаимодействие заряженных частиц, — в частности, притяжение разноименных зарядов. Лейбниц мечтал придумать подобное взаимодействие монад, — но не смог, в силу нехватки математических понятий.

15.31. Такую модель («атом Бора») построил Нильс Бор в 1913 г., чтобы оправдать «планетарную» модель атома, предложенную Резерфордом. Состояние простейшей *монады* — атома водорода определяется тем, на какой орбите (из счетного множества допустимых орбит) находится электрон по отношению к протону — ядру атома.

Эта модель позволила Бору объяснить наблюдаемые *спектры излучения разных* атомов и предсказать многие не замеченные преж-

де эффекты, например излучение водорода в диапазоне рентгеновских лучей и в диапазоне радиоволн.

15.32. Это сделал в 1935 г. японский физик Хидэки Юкава. Подражая Нильсу Бору, он представил не атом, а атомные частицы (протоны и нейтроны) в виде *монад*, способных излучать и поглощать не фотоны, а виртуальные *мезоны* — массивные заряженные частицы, которые примерно в 10 раз легче протона и нейтрона.

Такая модель позволила физикам понять и рассчитать силы, скрепляющие ядра всех атомов. В 1947 г. эта модель подтвердилась: π -мезоны были обнаружены в опытах с распадающимися ядрами.

15.33. Эту картину ввел в квантовую физику Поль Дирак в 1930 г. Его модель взаимодействия электронов с фотонами привела к уравнениям, которые допускают существование *антиэлектронов* — частиц с той же массой, что и электрон, и противоположным электрическим зарядом. Такие частицы (*позитроны*) были обнаружены в космических лучах в 1932 г.

Позднее, в 1948 г., Ричард Фейнман развил модель Дирака, чтобы объяснить особенности спектра излучения атома водорода («аномальный Зееман-эффект»). При этом Фейнман впервые использовал модели фотона и электрона, описанные в решении задач 15.29 и 15.30.

15.34. Такими примерами являются *слова* как носители определенных значений или грамматических форм. Лейбниц знал о родстве древнеиндийского языка — санскрита с европейскими языками, так что мог сопоставить русское «путь» и индийское «патх», латинское «*игнис*» и индийское «*агни*» (огонь), французское «мор» и индийское «*мрितью*» (смерть). Все эти пары слов имеют одинаковые значения.

15.35. Такими монадами были монархия, аристократия и демократия в античном полисе. Их превращения описал Аристотель в книгах «Политика» и «Афинская полития».

15.36. Главной монадой в системе Конфуция был иероглиф Жэнь (人). В разных контекстах он принимал значения: человек (персона) или человек (гражданин государства), человечность (сочувствие) или человечность (мировоззрение — гуманизм).

В системе Лао-цзы главными монадами были иероглифы Дао и Дэ. При этом Дао имел значения: дорога, движение, развитие, превращение, закономерность и т. п. Иероглиф Дэ имел значения: движущая сила, энергия, волевое усилие, харизма и т. п.

15.37. Сначала традиционная абсолютная монархия Карла I вступила в конфликт с традиционной парламентской аристократией и погибла в 1649 г. Затем аристократический парламент вступил в конфликт с демократической армией и потерпел поражение в 1653 г. После этого армия раскололась на демократическую и монархическую части: они вступили в конфликт, и военные демократы были побеждены новыми монархистами. Установилась диктатура Кромвеля (1654 г.). После смерти Кромвеля (1658 г.) остатки аристократического парламента договорились с остатками старой монархии, и в 1660 г. восстановилась прежняя политическая система Англии — со сдвигом сил в сторону парламента.

15.38. Первые такие монады (биологические виды и роды) ввел Линней в 1735 г. Вскоре их дополнили семействами, отрядами и классами. Другой сорт биологических монад — гены открыл Мендель в 1865 г. Из этих двух открытий в XX в. выросли две науки: эволюционная морфология и генетика (с геной инженерией).

15.39. Монадой является любая научная теория. Например, атомная теория Демокрита проявилась во многих науках — от химии и квантовой физики до генетики и лингвистики. Другой пример: аксиоматическая теория Евклида охватила все ветви математики и проникла в физику.

15.40. Наиболее изученное явление такого рода — фазовые переходы вещества в физике. Например, воду можно рассматривать как монаду с тремя состояниями: лед, вода, пар. Можно также рассмотреть диссоциацию молекул в растворе, намагничивание железа или ионизацию газов.

Более сложные примеры, связанные с изменением путей преобразования энергии, можно наблюдать в неравновесных процессах: например, циклические реакции Белоусова и Жаботинского или переход радиогенератора в стохастический режим при увеличении мощности излучения (числа Фейгенбаума).

15.41. См. решения задач 15.35 и 15.37.

15.42. Видимо, Гоббс упрекнул бы Макиавелли в том, что он слишком много внимания уделил людям и их страстям, но не решился рассмотреть государства и иные общности людей как отдельные действующие объекты исторического процесса.

15.43. Гоббс, вероятно, позавидовал бы легкости, с которой Ньютон исследовал своих *физических* «левиафанов» с помощью математики и простейших экспериментов.

Лейбниц, видимо, упрекнул бы Ньютона за то, что он избегает изучать *сложные* объекты (вроде волн или вакуума), заменяя их упрощенными математическими портретами.

15.44. Ньютон, вероятно, выразил бы возмущение или презрение по адресу тех «ученых», которые моделируют природу с помощью туманных слов и полагаются только на свое вдохновение, когда можно и нужно описывать природу *формулами* и исследовать ее с помощью *экспериментов* или *расчетов*.

15.45. Вероятно, оба европейца, получившие хорошее физико-математическое образование, пожалели бы своих коллег, которым пришлось с огромным трудом создавать модели строения природы и ее развития из слов или *иероглифов*, значения которых невозможно ни измерить численно, ни рассчитать.

15.46. В 1610 г. Кеплер и Галилей создавали новую модель Вселенной с помощью линзового телескопа и логарифмов. Тогда же Скалигер создавал первую глобальную хронологию всемирной истории.

В 1640 г. Паскаль строил первый арифмометр, Гарвей излагал новую систему кровообращения. Ферма создавал алгебраическую теорию чисел, а Гюйгенс поступил в Лейденский университет.

В 1670 г. в Англии и Франции работали первые академии наук. Ньютон вывел формулу закона всемирного тяготения и построил зеркальный телескоп; в Париже Кассини готовился измерить расстояние до Марса, а Лейбниц учился математике у Гюйгенса.

В 1700 г. братья Бернулли вели в Базеле первый кружок математиков-аналитиков. В Лондоне Ньютон стал директором Монетного двора и закончил книгу «Оптика». В Берлине Лейбниц основал Прусскую академию наук, а в Москве открылась Навигацкая школа.

Основные события истории науки и культуры

776 г. до н.э. В Олимпии (на Пелопоннесе) состоялись первые Олимпийские игры — состязания атлетов из всей Эллады.

- В Элладе распространились поэмы «Илиада» и «Одиссея».

772 г. до н.э. В Китае начался распад державы Чжоу на независимые княжества.

- В Лациуме (Средняя Италия) возник Рим — крепость, основанная беглецами разных племен из разных городов.
- На берегах Южной Италии греческие мореходы из Ионии и Аттики основали Неаполь и другие города.
- Появился греческий алфавит, включающий гласные буквы.
- В Ассирии царь Тиглатпаласар III создал профессиональную армию, разделенную на роды войск. Опираясь на общину воинов, царь ограничил власть жрецов и повел регулярные завоевательные походы против соседей: Вавилонии, Сирии, Палестины, Финикии, Урарту, Элама, Мидии.
- В Вавилоне жрецы начали регулярное летописание общественных событий и природных явлений со сквозной нумерацией лет, независимо от имен правителей.

740 г. до н.э. В Иерусалиме пророк Исаяя призывает народ создать религиозную демократию, ограничив власть жрецов и царей.

730 г. до н.э. На Сицилии началось соперничество двух морских народов: греков и финикийцев (выходцев из Карфагена). Греки основали город Сиракузы, карфагеняне — город Лилибей.

- Жрецы Египта и Вавилона успешно предсказывают солнечные и лунные затмения на основе обнаруженной ими периодичности: 235 лунных месяцев почти равны 19 солнечным годам.
- В царстве Ци (в низовьях Хуанхэ) министр Гуань Чжун провел экономическую реформу, облегчив покупку земли и частную торговлю. С этих пор Ци стало лидером среди китайских княжеств.

660 г. до н.э. В Ниневии ассирийский царь Ашшурбанапал создал первую клинописную государственную библиотеку Двуречья.

- Греки основали город Византий на Босфоре и начали торговлю зерном со скифами в Причерноморье.
- В полисах Эллады появились письменные законы, регулирующие права демоса и аристократов. Когда демос и аристократы не могут договориться, власть захватывают тираны.
- В Палестине пророк Иеремия призывает евреев к национальному единству, чтобы устоять перед натиском великих держав. Его проповедь безуспешна.

650 г. до н.э. | Египтяне свергли власть Ассирии.

627 г. до н.э. | Умер Ашшурбанапал. Ближний Восток охвачен «мировой войной» с участием ассирийцев, халдеев, мидян, скифов и египтян.

621 г. до н.э. | В Афинах тиран Драконт установил равенство всех граждан перед законом.

612 г. до н.э. | Разрушена Ниневия. Ассирийское царство погибло. Его наследство делят вавилоняне, мидяне и египтяне.

- Остатки библиотеки Ашшурбанапала (из клинописных табличек) сохранились в земле до раскопок XIX в.

610 г. до н.э. | Греки основали город Массалию (Марсель) на южном берегу Галлии и соперничают с карфагенянами в освоении Испании.

- Греки основали город Навкратис в устье Нила.

600 г. до н.э. | По приказу фараона Нехо финикийцы совершили плавание вокруг Африки: от Красного моря до Геркулесовых столбов и Карфагена. Финикийцы привезли весть, что далеко на юге Солнце движется по небу справа налево.

- Фалес путешествует по Египту и Двуречью, изучая местные науки: астрономию, арифметику, геометрию и философию.
- В Иране пророк Заратустра начал проповедь новой веры в бесконечную борьбу между богами: светлым Ахурамаздой и темным Ариманом.
- В Китае началось производство тканей из шелка.

586 г. до н.э. | Царь Вавилона Навуходоносор захватил Иерусалим. Начался «вавилонский плен» евреев, обогативший их культуру и религию достижениями мудрецов Двуречья.

- Навуходоносор перестроил Вавилон, создав «висячие сады» — второе из семи чудес света (по мнению эллинов).

585 г. до н.э. В Милете Фалес впервые предсказал эллинам затмение Солнца и изложил доказательства простейших теорем геометрии.

563 г. до н.э. В Индии родился Сидхарта Гаутама (Будда).

- В Милете вокруг Фалеса сложилось первое сообщество ученых. Среди учеников Фалеса — Анаксимандр и Анаксимен.

551 г. до н.э. В Китае родился Кун Цю (Конфуций).

- Князь персов Кир поднял восстание против мидян, уничтожил Мидийское царство и стал царем Персии.

546 г. до н.э. Кир подчинил Лидийское царство в Малой Азии, основал Персидскую империю и ввел в ней строгие, но простые законы. На Ближнем Востоке установился мир.

- В Милете Анаксимандр составил первую карту Земли и ввел в употребление солнечные часы, а также высказал гипотезы о бесконечности Вселенной и о существовании первоматерии — *апейрона*.
- Анаксимен объяснил солнечные и лунные затмения, предположив, что Луна и Солнце — шары, движущиеся в одной плоскости.
- Пифагор путешествует по Египту и другим землям Персидской империи.

538 г. до н.э. Кир захватил Вавилон, сделал его одной из своих столиц и отпустил пленных евреев на родину. Там жрецы бога Яхве начали запись текстов Библии.

- Пифагор основал в Кротоне (Южная Италия) первую научную школу и религиозную общину, связанную круговой порукой и закрытую для непосвященных. Главными науками у пифагорейцев стали арифметика и геометрия.
- В Китае изобретен арбалет — удобное оружие пехоты против конных лучников.

530 г. до н.э. Кир разбит и погиб, не сумев подчинить кочевников-саков в Средней Азии.

- Персы приспособили арамейский клинописный алфавит для своего языка (с иной фонетикой и грамматикой).

- Ганнон из Карфагена проплыл вдоль берега Африки до Гвинейского залива и открыл гору Камерун. В это же время карфагеняне достигли Британии и привезли оттуда оловянную руду.

522 г. до н.э. Полководец Дарий стал царем Персии. Он создал надежно работающую бюрократию, систему хороших дорог от Ионии до Индии и ввел постоянные налоги металлической монетой.

- По приказу Дария I составлена Бехистунская надпись (на скале) на трех языках: персидском, арамейском и эламском. По этой надписи в XIX в. европейские ученые начали дешифровку клинописи.
- Пифагор нашел арифметическую связь между длинами струн и гармонией звуков, которые издают струны. Из этого факта Пифагор сделал вывод: все природные явления можно описать с помощью рациональных чисел («Числа правят миром»).
- Пифагорейцы поставили первые проблемы теории целых чисел, среди них — поиск всех целочисленных прямоугольных треугольников и «совершенных» чисел.
- Пифагор предложил модель Солнечной системы и звездной Вселенной из твердых концентрических сфер, на которых укреплены светила и которые обращаются вокруг шарообразной Земли.
- Пифагор доказал теорему о площадях квадратов, построенных на катетах и на гипотенузе прямоугольного треугольника, а также обратную ей теорему.
- Пифагор доказал несоизмеримость диагонали квадрата с его стороной. Из этого следует, что рациональных чисел недостаточно для описания всех природных явлений.
- Пифагорейцы построили циркулем и линейкой правильный пятиугольник.
- Пифагорейцы начали изучать свойства правильных многогранников. Но попытка связать эти многогранники с основными природными стихиями не удалась.
- Пифагорейцы попытались выразить площадь круга рациональным числом либо построить циркулем и линейкой квадрат, равновеликий данному кругу. Ни то ни другое им не удалось.

515 г. до н.э. Дарий повел персидскую армию вокруг Черного моря: через Босфор, Балканы и за Дунай. Этот поход кончился неудачей: Степь и Кавказ остались непокоренными.

- Гекатей в Милете составил карту мира, разделив его на Европу, Азию и Африку, окруженные единым Океаном.
- В Индии Будда начал проповедь «Восьмеричного пути» человека к добру и контролю разума над страстями.
- Конфуций служит разным князьям Китая и пытается наставить их на путь гуманизма (Жэнь), но безуспешно.
- Римляне свергли власть этрусков и создали республику с выборными консулами и постоянным сенатом.
- В Афинах Клисфен завершил демократическую реформу.

500 г. до н.э. Восстание эллинов в Милете против власти персов стало началом греко-персидских войн.

- В Эфесе Гераклит создал учение о развитии природы на основе «огня», который бесконечно изменяется и борется сам с собою: «Все течет, и борьба — родитель всех вещей».
- Китайский мудрец Лао-цзы составил книгу «Дао Дэ цзин». В ней он ввел понятия единого мирового закона (Дао) и природной силы (Дэ), вызывающей любые изменения природных объектов в ходе их развития. Лао-цзы не использовал в своей натурфилософии арифметику или геометрию.

494 г. до н.э. Первая забастовка плебеев в Риме стала началом политического диалога между патрициями и плебеями. В Риме появились народные трибуны.

480 г. до н.э. Поход персидской армии Ксеркса в Элладу привел к разорению Афин, но завершился поражениями персов при Саламине, Платеях и Микале. Независимость Эллады от Персии обеспечена.

- В Китае соперничество княжеств обострилось до гражданской войны: эпоха Чунь Цю («Весны и Осени») сменилась эпохой Чжань Го («Борьба Царств»).
- Конфуций основал в княжестве Лю первый гуманитарный университет. Главными науками в нем стали: история, музыка, религиозные обряды, семейная этика и придворный ритуал, естествознание и астрономия.

468 г. до н. э. Вблизи Афин выпал метеоритный дождь, который вызвал горячие споры среди философов.

460 г. до н. э. Геродот и Анаксагор поселились в Афинах, чтобы изучать деятельность афинян и обучать местную молодежь наукам.

- В Индии лингвист Панини составил первую грамматику санскрита.

449 г. до н. э. Каллиев мир завершил греко-персидские войны.

- В Риме произошла вторая забастовка плебеев. Для примирения с ними патриции создали (по греческому образцу) первый свод законов — «12 таблиц».
- В Элее Зенон начал анализ основных понятий геометрии и натурфилософии. Он изучает физические свойства прямой линии и пространства с помощью парадоксов — *апорий*.

447 г. до н. э. Перикл стал главой правительства в Афинах и начал реконструкцию города. Среди друзей Перикла — Фидий, Анаксагор, Геродот.

- В Афинах Геродот начал писать «Историю» о греко-персидских войнах.
- Демокрит преподает в Афинах учение об атомах, из которых состоят все природные тела и стихии.

440 г. до н. э. Анаксагор предположил, что Солнце — раскаленный каменный шар, метеориты — осколки Солнца, а Луна — холодный камень, отражающий свет Солнца.

- Анаксагор измерил диаметры Луны и Солнца по размеру лунной тени на Земле во время солнечного затмения и сделал вывод, что Луна и Солнце почти равны Пелопоннесу (около 300 км).

434 г. до н. э. Началась Пелопоннесская война между Афинами и Спартой.

- В Афинах Метон открыл периодичность затмений Солнца и Луны (давно известную в Египте и Двуречье).

428 г. до н. э. Анаксагор изгнан из Афин по обвинению в безбожии.

- В Афинах Геродот завершил «Историю».
- Сократ основал в Афинах дискуссионный клуб. Он учит юношей индуктивным рассуждениям о строении природы и развитии общества и изучает (на примере афинского демоса) движущие силы человеческого разума и возможные границы научного познания.

- Афинянин Аристофан в комедии «Облака» высмеял школу Сократа за чрезмерное умствование.
- Гиппократ основал на острове Кос первую в Элладе медицинскую школу.

408 г. до н. э. | Афинянин Фукидид в изгнании начал писать «Греческую историю» о Пелопоннесской войне.

- Сократ стал популярнейшим учителем в Афинах. Среди его учеников — Ксенофонт и Платон.

404 г. до н. э. | Пелопоннесская война завершилась поражением Афин и крушением афинской демократии.

401 г. до н. э. | Под командованием Ксенофонта завершился «Анабасис» — поход греческих наемников сквозь Персию и их возвращение на родину.

399 г. до н. э. | Сократ осужден афинским судом за безбожие и принял яд, отказавшись отправиться в изгнание или отречься от свою убеждений.

- Изгнанный из Афин Ксенофонт завершил «Греческую историю» Фукидида и описал «Анабасис» — первый опыт завоевания Востока эллинами.
- Платон уехал из Афин на Сицилию, чтобы изучить жизнь эллинов в условиях монархии. В Сиракузах Платон учился геометрии у пифагорейца Архита; позднее он посетил Спарту (для изучения военной демократии) и Египет (для знакомства с мудростью Востока).

387 г. до н. э. | Платон основал в Афинах Академию: первый открытый университет, где главной наукой стала геометрия. Среди первых учеников Платона — Евдокс, Гераклид, Тэтет.

- Платон предположил, что все природные тела суть искаженные воплощения идеальных объектов, которые вечно присутствуют в уме человека и отражены в понятиях математики.

372 г. до н. э. | Фиванцы под командой Эпаминонда впервые победили спартанцев при Лэвктрах. Македонский царевич Филипп живет в Фивах как заложник и учится военному искусству у фиванцев.

- Гераклид заметил, что ночное движение звезд можно объяснить не только обращением небес вокруг Земли, но и вращением Земли вокруг ее оси (при неподвижных звездах).

- Гераклid предположил, что Венера и Меркурий обращаются вокруг Солнца и вместе с ним движутся вокруг Земли.
- Тэетет доказал, что существуют только пять правильных многогранников.
- Евдокс доказал формулу объема пирамиды «методом исчерпания», используя «бесконечно малые» фигуры.

367 г. до н.э. | В Риме воздвигнут Храм Согласия в честь примирения плебеев с патрициями. Все граждане республики стали равны перед законом, завершилось разделение властей (консулы и сенат, трибуны и комиции, цензоры и жрецы).

- Евдокс создал *геометрическую* теорию положительных чисел как отношений длин любых отрезков прямой линии.
- Тэетет создал *алгебраическую* теорию положительных чисел как длин отрезков, возникающих при построениях циркулем и линейкой. Он также доказал иррациональность квадратных корней из большинства натуральных чисел.
- Евдокс впервые составил карту звездного неба в виде таблицы, где указаны числовые координаты звезд — угол восхождения и угол склонения.
- Аристотель прибыл в Афины и стал учеником Платона.

362 г. до н.э. | Филипп II стал царем Македонии и начал военную реформу. Появилась македонская фаланга.

- Евдокс построил *геоцентрическую* модель Солнечной системы, в которой планеты размещены на *эпициклах* — окружностях, равномерно катящихся друг по другу.
- Ученики Платона начали исследовать геометрические свойства новых кривых (конических сечений): эллипса, параболы и гиперболы.
- Платон составил диалоги о науке с участием Сократа и его учеников: «Пир», «Государство», «Тимей», «Тэетет», «Гиппий», «Апологию Сократа».

356 г. до н.э. | Герострат, чтобы прославиться, поджег храм Артемиды в Эфесе — одно из семи чудес света.

- Родился сын Филиппа II Македонского — Александр.

- В западном китайском царстве Цинь министр Шан Ян отменил самоуправление крестьян и построил разветвленный бюрократический аппарат для слежки за всеми налогоплательщиками.

347 г. до н.э. В Афинах умер Платон. Академию возглавил его ученик — ботаник Теофраст.

343 г. до н.э. Аристотель переехал в Македонию, где стал учить царевича Александра и его друзей эллинской мудрости. Среди македонских учеников Аристотеля — Птолемей, Селевк, Антигон, Гефестион, Кассандр, Лизимах.

- Евклид стал учеником Афинской академии.
- В Вавилоне астроном Киденну обнаружил звездную прецессию: одинаковый вековой сдвиг всех звезд на небе.

338 г. до н.э. Войска Филиппа и Александра разбили войска Фив и Афин при Херонее. Македонское царство стало гегемоном Эллады.

- Аристотель вернулся в Афины и основал свою школу — Ликей.

336 г. до н.э. В Македонии убит царь Филипп II. Александр стал царем Македонии.

- В царстве Цинь казнен министр Шан Ян. Но система контроля над населением продолжает действовать, обеспечивая победы войск Цинь над прочими царствами Китая.

334 г. до н.э. Александр Македонский начал войну против Персидской империи и вторгся в Малую Азию. Его армию сопровождает научно-исследовательский отряд из учеников Аристотеля.

332 г. до н.э. Разбив войско царя Дария III при Иссе, Александр вступил в Египет и основал Александрию (в устье Нила).

- Аристотель написал «Физику» (учебник механики), «Метафизику» (учебник натурфилософии) и «Органон» — учебник логики.
- Греческий мореход Пифей из Массалии впервые вышел в Атлантику. Плывая на север, он обогнул Британию, достиг Скандинавии и Балтийского моря. Пифей впервые описал океанские приливы и заметил их связь с фазами Луны.

330 г. до н.э. Царь Дарий III разбит при Гавгамеле и погиб. Александр захватил всю Персию и сжег ее столицу Персеполь.

- Аристотель написал «Политику» и «Афинскую политику». Он предложил модель государства с чередованием трех видов власти: монархии, аристократии и демократии.

326 г. до н. э. | Александр вторгся в Индию, но покорить ее не смог и отступил в Персию, где занялся организацией мировой державы. Он уравнивал в правах македонцев, эллинов и персов и дал право самоуправления греческим полисам на имперских землях.

- Римляне, потерпев неудачу в 1-й Самнитской войне, создали многоступенчатую систему гражданства и союзничества для связанных с ними полисов и народов Италии.
- Теофраст написал книгу «Ботаника».
- Аристотель в книге «Зоология» классифицировал около 800 видов животных по строению их тел и органов.

323 г. до н. э. | Александр Македонский умер в Вавилоне.

- Афиняне восстали против власти македонцев. Аристотель бежал из Афин и умер в изгнании.

312 г. до н. э. | Македонские полководцы разделили державу Александра на пять царств: Македонию с Элладой, Фракию, Малую Азию, Сирию с Ираном и Египет. Птолемей стал царем Египта, Селевк — царем Сирии и Ирана, Антигон — царем Малой Азии.

- В Афинах Евклид доказал первые теоремы арифметики: о существовании наибольшего общего делителя и о бесконечности множества простых чисел.
- Евклид начал писать учебник геометрии, решив объединить достижения своих коллег (Архита, Гиппократы, Евдокса, Тэетета) с помощью *определений* основных фигур, *аксиом* о свойствах фигур и *постулатов* об операциях над фигурами.

305 г. до н. э. | Царь Птолемей I Сотер основал в Александрии Музей — первую «академию наук» античности. В Музей входила огромная библиотека. Царь пригласил для работы в Музее ученых из всего греческого мира.

- Египетский жрец Манефон составил по приказу царя Птолемея перечень всех фараонов Египта и распределил их по династиям.
- Евклид и Аристарх поселились в Александрии.
- В Сиракузах Дикеарх составил карту Земли от Испании до Индии с сеткой угловых координат (широт и долгот).

300 г. до н.э. В Александрии Евклид завершил книгу «Стайхейя» («Начала», или «Элементы»). Она охватила основные факты о простейших фигурах и числах. Эллипс, парабола и гипербола (а также число π) в этой книге не рассмотрены.

- Аристарх измерил острый угол в прямоугольном треугольнике Земля—Луна—Солнце. По этому углу и радиусу Луны он рассчитал радиус Солнца. Так Аристарх доказал, что Солнце больше Земли, и заключил из этого, что Земля обращается вокруг Солнца (а не наоборот).

287 г. до н.э. В Александрии построена башня-маяк на островке Фарос — одно из семи чудес света.

270 г. до н.э. В Риме появился латинский перевод «Одиссеи».

- На острове Родос воздвигнута статуя Гелиоса — Колосс Родосский — одно из семи чудес света.

264 г. до н.э. Римляне завершили покорение Италии и начали войну против Карфагена за Сицилию (1-я Пуническая война).

- В Александрии Ктесибий построил водяные часы с равномерной шкалой времени.
- В Пергамском царстве (в центре Малой Азии) основана библиотека, соперничающая с Александрийской.
- В Индии царь Ашóка Маурья объявил буддизм государственной религией.

250 г. до н.э. В Восточном Иране парфяне восстали против власти греков-Селевкидов и образовали национальное царство — Парфию.

- В Пергаме построен гигантский алтарь Зевса — последнее из семи чудес света, известных эллинам.
- В Александрии эллины перевели на греческий язык Ветхий Завет. Этот перевод («Сéпттуагíнта») познакомил эллинов с основами еврейской культуры и способствовал развитию христианства на Ближнем Востоке.

241 г. до н.э. Римляне победили Карфаген в 1-й Пунической войне и взяли под контроль Сицилию.

- Архимед, вернувшись из Александрии в Сиракузы, продолжил научные исследования. Он нашел рациональное приближение числа π с погрешностью, меньшей 0,001.

- Архимед открыл физический принцип, позволяющий кораблю плавать в море, построил водяной насос на основе винта и подъемный кран из рычагов и блоков.
- В царстве Цинь ученый-политик Хань Фэй, используя опыт Шан Яна, создал теорию абсолютной монархии.
- В Китае изобретен магнитный компас.

238 г. до н. э. | Карфагенянин Гамилькар Барка начал покорение Испании, чтобы возместить потерю Сицилии. Его сын Ганнибал принес клятву: бороться против Рима до победы или до смерти.

- В Сиракузах Архимед вычислил «методом песчинок» площади фигур, ограниченных параболой или спиралью, а также объемы шара и других тел вращения.
- Архимед вывел формулы сумм квадратов и кубов последовательных натуральных чисел, а также формулу суммы геометрической прогрессии.
- В Александрии Эратосфен рассчитал радиус Земли, измерив угловую высоту Солнца над горизонтом в полдень. Впервые вычислена площадь поверхности земного шара.
- Эратосфен составил таблицу простых чисел и поставил вопрос: конечно или бесконечно множество простых чисел-«близнецов»?
- В Александрии Аполлоний составил сборник теорем о свойствах эллипса, параболы и гиперболы.
- Царство Цинь начало войну за подчинение всего Китая своей власти.

221 г. до н. э. | Царство Цинь объединило весь Китай. Царь Цинь стал императором Цинь Ши хуанди. Министр Ли Сы начал централизацию страны: постройку сети дорог, введение одинаковых мер и весов, перепись населения и угодий, упорядочение налогов, упрощение системы иероглифов.

- Ганнибал стал хозяином в Испании и начал подготовку к войне с Римом.
- Архимед научился проводить касательные к эллипсу, параболе и гиперболе.
- Архимед построил «планетарий» — механическую модель Солнечной системы. С помощью такой модели он пытался выяс-

нить истинный режим движения небесных тел, совершая минимум вычислений. Но эта работа не увенчалась успехом.

- Эратосфен стал главой Александрийского Музея. Он составил хронологическую таблицу важнейших событий от Троянской войны до своей эпохи, но не сумел распространить эту схему на всю историю Египта.

218 г. до н. э. | Ганнибал перешел Пиренеи и начал поход через Галлию в Италию (2-я Пуническая война).

214 г. до н. э. | Ганнибал разгромил римскую армию при Каннах, но не смог захватить Рим.

- Эратосфен составил карту Земли: от Британии до Цейлона, от Каспия до Эфиопии. Он также вычислил угол наклона земной оси к плоскости движения Земли вокруг Солнца.

213 г. до н. э. | Цинь Ши хуанди и Ли Сы установили контроль над китайской интеллигенцией. Преподавание наук разрешено только в столице империи Цинь, запрещено хранение летописей прежних времен в частных руках.

212 г. до н. э. | Римляне взяли штурмом Сиракузы. Архимед погиб.

211 г. до н. э. | Умер Цинь Ши хуанди. Китай раскололся на части; князя и крестьянские вожаки борются за верховную власть.

- В Восточной Степи вождь хуннов Модэ создал первую державу кочевников с верховной властью военного вождя (*шаньюя*) и демократической общиной воинов.

206 г. до н. э. | В Китае крестьянский воевода Лю Бан одолел соперников и основал династию Хань, став императором Гао-цзу. Конфуцианцы сотрудничают с новой властью. Ученый даос Чжан Лян стал первым министром империи Хань.

- Столкновение войск империи Хань с войсками хуннов в степи завершилось вничью. Император Гао-цзу признал независимость державы Хунну.
- Началось регулярное движение купеческих караванов вдоль Шелкового пути: от Китая до Средиземного или до Черного моря, через степи и пустыни Центральной Азии.

204 г. до н. э. | Публий Корнелий Сципион (Старший) отвоевал у карфагенян Испанию и вынудил Ганнибала вернуться в Африку.

202 г. до н. э. | Сципион победил Ганнибала при Заме. Карфаген проиграл 2-ю Пуническую войну и перестал быть великой державой.

196 г. до н. э. | В Египте составлена трехязычная надпись в честь царя Птолемея V Эпифана и его жены Клеопатры («Розеттский камень»). По этой надписи в XIX в. европейские ученые расшифровали египетские иероглифы.

168 г. до н. э. | Римляне разгромили Македонию и подчинили Элладу.

- Грек Полибий прибыл в Рим из Ахайи как заложник.

160 г. до н. э. | Гиппарх основал обсерваторию на острове Родос и составил новую карту звездного неба. Сравнив ее с давней картой Евдокса, Гиппарх измерил вековую прецессию Земли (которая качивается подобно волчку).

- Полибий стал другом полководца Сципиона Младшего и вошел в состав первого кружка ученых-гуманитариев в Риме.

149 г. до н. э. | Рим объявил Карфагену войну на уничтожение. Сципион Младший командует римской армией в Африке; историк Полибий его сопровождает.

- Гиппарх составил первую таблицу синусов (хорд), соответствующих разным центральным углам, и рассчитал расстояние от Земли до Луны (равное 30 земным диаметрам), измерив лунный параллакс — сдвиг Луны среди звезд в течение ночи.

146 г. до н. э. | Римляне уничтожили Карфаген и разрушили восставший Коринф. В качестве военной добычи в Рим впервые доставлено множество греческих статуй.

- Полибий начал писать «Всеобщую историю», уделяя особое внимание устройству римского государства и армии.

140 г. до н. э. | Императором Китая стал Хань У-ди. По его приказу китайские войска и разведчики движутся на запад вдоль Шелкового пути, стремясь достичь Средиземного моря.

138 г. до н. э. | Китайский посол-землепроходец Чжан Цянь достиг Ферганы, пытаясь найти союзников в борьбе против хуннов.

134 г. до н. э. | В Риме трибун Тиберий Гракх начал реформу в пользу граждан-пролетариев и италиков, которые требовали полных гражданских прав в Римской республике.

- Гиппарх впервые в Средиземноморье наблюдал новую звезду. Вспыхивают ли такие звезды периодически, он выяснить не смог.
- В Китае астрономы давно наблюдают новые и сверхновые звезды.

133 г. до н.э. | Тиберий Грахх и его сторонники убиты приверженцами сената. В Риме началась революция, которая завершилась превращением республики в империю.

119 г. до н.э. | Гай Марий стал народным трибуном в Риме. Он агитирует за военную реформу: допуск пролетариев в армию, вооружаемую за счет государства.

107 г. до н.э. | Марий стал консулом и провел военную реформу: превращение римского войска из ополчения граждан в профессиональную армию.

102 г. до н.э. | Армия Мария разгромила германцев, вторгшихся в Италию из-за Альп.

- Армия империи Хань достигла Ферганы и привела в Китай коней персидской породы. Теперь китайская конница может соперничать с конницей кочевников.

101 г. до н.э. | Родился Гай Юлий Цезарь.

- Марий наградил ветеранов своих походов земельными участками (впервые в истории Римской республики).

98 г. до н.э. | После неудачной войны китайцев с хуннами придворный историк Сыма Цянь подвергся наказанию за вмешательство в государственные дела.

90 г. до н.э. | В Риме трибун Ливий Друз убит за попытку дать всем италикам гражданские права. В результате началась Союзническая война: италики восстали против Рима, требуя гражданских прав.

88 г. до н.э. | Союзническая война завершилась почетным миром, но италики получили лишь часть тех прав, за которые боролись.

- Римское войско под командованием Суллы подняло мятеж и захватило Рим (впервые в истории республики). Так началась 1-я Гражданская война: армия Суллы против армии Мария.

87 г. до н.э. | Сыма Цянь закончил «Ши Цзи» — первую официальную историю Китая; он предложил циклическую модель раз-

вития Поднебесной, согласно которой разные царства сменяют друг друга, неизбежно приходя в упадок.

83 г. до н.э. | Сулла вернулся с войском в Италию и установил в Риме диктатуру.

79 г. до н.э. | Наделив землей своих ветеранов, Сулла добровольно передал власть сенату и вскоре умер. В Испании Серторий (сподвижник Мария) объявил себя независимым правителем, но пал жертвой заговора.

73 г. до н.э. | В Капуе заговор гладиаторов положил начало восстанию Спартака. Для победы над Спартаком сенат вызвал трех лучших полководцев: Помпея, Лукулла и Красса.

70 г. до н.э. | Помпей и Красс — консулы в Риме; Цезарь — лидер демократов. Втроем они отменяют конституцию Суллы, меняют состав сената и проводят судебную реформу.

63 г. до н.э. | Цезарь избран претором и верховным жрецом в Риме.

- Цицерон — консул, он руководит подавлением заговора Катилины.

62 г. до н.э. | Помпей вернулся в Италию, но не отнял власть у сената. В Риме образовался триумвират: Помпей, Красс, Цезарь.

58 г. до н.э. | Цезарь прибыл в Заальпийскую Галлию, чтобы покорить ее и сделать образцовой провинцией Рима. Для этого он создает новую армию и налаживает сотрудничество с вождями галлов.

- Одновременно с боевыми действиями Цезарь диктует «Записки о Галльской войне» и сразу публикует их в Риме.

55 г. до н.э. | Цезарь укрепился в Галлии и впервые вторгся в Германию и Британию.

- Лукреций написал поэму «О природе вещей» — первый образец научно-популярной литературы с изложением учения Демокрита.
- Войска империи Хань одержали полную победу над хуннами. Держава Хунну распалась: часть хуннов подчинилась Китаю, остальные откочевали в Среднюю Азию.

53 г. до н.э. | Армия Красса разгромлена парфянами в Двуречье.

- Сенаторы заключили союз с Помпеем против Цезаря и народных трибунов.

49 г. до н.э. | В Риме началась 2-я Гражданская война: армия Цезаря и трибуны против армии Помпея и сенаторов. Италия подчинилась Цезарю, но жители провинций упорно сопротивляются новому владыке Рима.

48 г. до н.э. | Войско Помпея разбито Цезарем при Фарсале.

- Помпей убит в Египте.
- Цезарь ведет в Александрии войну за подчинение Египта (от имени Клеопатры). При этом понесла большой урон Александрийская библиотека.

45 г. до н.э. | Цезарь победил во 2-й Гражданской войне всех провинциальных республиканцев. Он широко дарует гражданские права италикам, награждает своих ветеранов землей, вводит в Риме юлианский календарь, реформирует сенат и принимает власть пожизненного диктатора.

44 г. до н.э. | Цезарь погиб в результате заговора сенаторов.

42 г. до н.э. | Марк Антоний и Гай Октавиан разделили власть в Римской державе: Антоний правит на Востоке, Октавиан — в Италии и на Западе.

- Гай Саллюстий Крисп (соратник Цезаря) описал избранные события недавней римской истории: войну Мария и Суллы с Югуртой, заговор Катилины.
- Странники республики в борьбе со сторонниками империи распространяют свой вариант истории гражданских войн, основанный на записках Тита Лабиена (врага Юлия Цезаря).

36 г. до н.э. | В Таласской долине (Средняя Азия) китайские войска, преследуя хуннов, впервые столкнулись с римлянами (бывшими легионерами Красса). Благодаря арбалетам китайцы победили римлян и привели пленников в Китай.

31 г. до н.э. | Октавиан одержал полную победу над Антонием и Клеопатрой, восстановил единство Римской державы.

27 г. до н.э. | Октавиан принял титул Августа (избранника богов), а также стал консулом, принцепсом сената и цензором. Так римская республика превратилась в империю.

12 г. до н.э. | Август взял под контроль политическую литературу в Риме: распространение республиканских вариантов истории Рима запрещено. Август строит в Риме публичные библиотеки,

которые пополняются копиями книг из Пергамской и Александрийской библиотек.

- Тит Ливий стал придворным историком Августа.

9 г. | Германцы под командованием Арминия впервые разгромили римскую армию между Рейном и Эльбой.

- Тит Ливий составил «Римскую историю» — первый официальный учебник, охвативший события от основания города до правления Августа.
- Страбон составил энциклопедию «География», в которой впервые рассмотрел роль вулканов и рек в образовании ландшафта. Он предположил существование еще неизвестных материков в океане, вдали от Европы, Азии и Африки.
- В Китае канцлер Ван Ман сверг династию Хань и провел реформу в духе «Древности»: запретил продажу земли, ввел общинное землепользование и натуральные налоги. В результате начался распад империи на области, управляемые князьями либо вожаками крестьян-повстанцев.

14 г. | Умер Октавиан Август. Власть в Риме унаследовал его приемный сын — император Тиберий.

18 г. | Китай охвачен крестьянским восстанием «Красных бровей» и военными мятежами.

25 г. | Князь Лю Сю восстановил династию Поздняя Хань и стал императором Гуан У-ди.

- Римляне завершили подчинение Германии (до Эльбы).
- Понтий Пилат стал прокуратором Иудеи. Среди евреев множатся слухи о пришествии Мессии — Сына Божиего.
- В Риме Клавдий (племянник императора Тиберия) написал «Историю этрусков» и «Историю Карфагена».

64 г. | В Риме появились первые проповедники христианства — Пётр и Павел. По приказу императора Нерона они казнены, христианская религия объявлена вне закона.

66 г. | В Иудее вспыхнуло восстание против власти Рима. Христиане в нем не участвуют и за это подвергаются репрессиям со стороны иудеев.

70 г. | Полководец Веспасиан подавил восстание в Иудее, разрушил храм Яхве в Иерусалиме и стал римским императором.

73 г. В Кашгаре китайцы начали войну с кочевниками-кушанами за контроль над Шелковым путем.

79 г. Римский ученый-энциклопедист Гай Плиний Старший погиб, наблюдая извержение Везувия.

- В Риме построен Колизей — римское чудо света.
- В Александрии Герон построил первую паровую турбину, а Менелай составил учебник сферической тригонометрии.

82 г. Китайский историк Бань Гу (брат полководца Бань Чао) завершил «Цянь Хань Шу» — историю династии Ранней Хань, до переворота Ван Мана.

91 г. Китайский полководец Бань Чао одержал решающую победу над хуннами в Фергане, опираясь на силы местных князей.

98 г. Бань Чао направил из Ферганы посла в Римскую империю, но парфяне задержали посла, боясь союза между Римом и империей Хань.

- Сенаторы избрали римским императором военачальника Марка Ульпия Траяна.
- Римский историк Корнелий Тацит стал министром Траяна. В книгах «Анналы» и «Германия» Тацит анализирует бюрократическое вырождение империи и развитие соседних варваров.

101 г. Император Траян начал завоевание Дакии (на Балканах).

- Траян запретил римским судьям принимать доносы на христиан, но христианство остается под запретом в империи.
- Бань Чао вернулся в Китай, утвердив власть династии Хань в Фергане. После этого активная западная политика Китая оборвалась.

106 г. Покорением Дакии завершилось расширение границ Римской империи в Европе.

- Плутарх составил «Сравнительные жизнеописания» знаменитых эллинов и римлян республиканской эпохи.
- Гай Светоний Транквилл написал «Жизнь цезарей» — биографии императоров от Цезаря до Домициана.

116 г. Траян захватил столицу Парфии (Ктесифон), но потом отступил к Евфрату, заключив почетный мир. Этим закончилось расширение границ Римской империи на Востоке.

132 г. В Иудее вспыхнуло восстание Мессии (Симона бар-Кохбы) против власти Рима. Повстанцев поддерживают парфяне, христиане хранят нейтралитет.

135 г. Римляне подавили восстание бар-Кохбы, разрушили Иерусалим и на его месте построили римский город-колонию.

- В Александрии Клавдий Птолемей составил учебник астрономии, основанный на геоцентрической системе Гиппарха: «Мегáле Матемáтике Синтáксис».
- В Китае началось производство бумаги из тряпок по рецепту Цай Луна.

155 г. В Восточной Степи монгольский вождь Таншихай возглавил межплеменное братство воинов (*орду*) и основал державу Сяньби. Он оттеснил хуннов на запад, к Южному Уралу.

- Германское племя гóтов переселилось из Прибалтики в Причерноморье, к границе Римской империи.
- В Риме христианин Юстин Философ победил в публичном диспуте с эллинистами, но был казнен.

161 г. Полководец Марк Аврелий стал императором Рима. Его придворным врачом назначен Гален — автор первого учебника анатомии.

- Во время военного похода против варваров Марк Аврелий написал философский трактат «Наедине с собою».
- Посольство из Рима прибыло в Южный Китай морским путем, через Двуречье и Индию.

183 г. В Китае проповедники-даосы подняли крестьянское восстание «Желтых повязок». Империя Хань распалась, но князь-воеводы разбили повстанцев. Началась эпоха Сань Го — трех царств (северное Вэй, западное Шу, восточное У). Царством Вэй правят «солдатские императоры» из рода Цао; в царстве Шу от имени династии Хань правят даосы во главе с ученым Чжугэ Ляном; в царстве У сохранилась конфуцианская система.

- В Риме началась борьба за власть среди «солдатских императоров». Победу одержал Септимий Север.
- Среди христиан Сирии и Египта возникли первые богословские школы. Одну из них возглавил философ Ориген.

212 г. Император Каракалла из династии Северов даровал римское гражданство всем свободным жителям империи.

226 г. В Иране персы свергли власть парфян и основали национальную династию Сасанидов с традиционной государственной религией — зороастризмом.

241 г. В царстве Сасанидов пророк Мани начал проповедь новой веры, утверждая, что весь реальный мир наполнен злом, поэтому нужно отречься от него. Царь Шапур I поддержал Мани, чтобы ослабить жрецов бога Ахурамазды.

260 г. Император Валериан побежден персами и умер в плену у царя Шапура I. Сын Валериана — император Галлиен отражает набеги варваров на всех границах империи. Он прекратил борьбу с христианами.

- Подпольные общины христиан возникли во всех крупных городах империи. Философ Плотин начал синтез христианского учения с философией Платона.

270 г. Пророк Мани казнен царем Шапуром I по требованию жрецов Ахурамазды. Приверженцы Мани проповедуют новую веру (манихейство) в Иране и соседних странах — до Рима и Китая.

- Иранский жрец Картир составил канон зороастризма — священную книгу «Авеста».
- В Александрии Диофант написал «Арифметику» — первый задачник, в котором введены отрицательные целые числа и определено правило их умножения. Диофант нашел общее решение уравнения Пифагора и впервые рассмотрел многочлены степеней, больших чем 3.

284 г. Полководец Диоклетиан стал римским императором и учредил «семью богов»: четыре военачальника правят разными частями державы, выбирая соправителей и преемников путем усыновления.

- В Китае Троецарствие сменилось «солдатской» империей Цзинь.

303 г. Диоклетиан возобновил гонения против христиан (последние в римской истории). Христиане оказывают массовое пассивное сопротивление, сломить которое имперские чиновники не в силах.

- Цезарь Константин в Галлии не выполнил приказа о преследовании христиан и остался безнаказан.

306 г. | Диоклетиан сложил с себя власть. Константин стал августом Запада и начал борьбу за единовластие в империи.

312 г. | Константин стал единственным правителем Римской империи.

313 г. | Константин I издал в Милане эдикт, по которому всем гражданам империи разрешено исповедовать христианство (наряду с кельтами Юпитера и Митры).

- В Александрии Папп составил «Математику» — свод всех фактов (без доказательств), известных античным геометрам и астрономам.

316 г. | В Китае последний император династии Цзинь попал в плен к варварам. Империя распалась на части и стала объектом раздела среди варварских народов.

320 г. | В Индии национальная династия Гуптов уничтожила «варварское» царство Кушан. Государственной религией Гуптов стал индуизм, но буддизм не подвергся запрету.

325 г. | В Никее (близ Византии) прошел 1-й Вселенский Собор епископов христианской церкви. В работе Собора участвовал император Константин I, еще не принявший крещение. На Соборе догмат о единосущности Сына и Отца (предложенный Афанасием) принят как единственно верный; учение Ария о сотворенности Сына Отцом отвергнуто как ересь. Так началось догматическое богословие — первая попытка *аксиоматизации* христианства.

330 г. | Столица Римской империи перенесена в Константинополь (бывший Византий). Римский епископ (папа) стал высшим духовным авторитетом в империи; епископы Константинополя, Антиохии, Александрии и Иерусалима получили титул «патриарх».

350 г. | В Великой Степи кончилась вековая засуха. В Приуралье возникла держава гуннов (потомков хуннов).

- Иероним начал перевод Библии на латынь («Вульгату»).
- На Дунае готы приняли арианство от проповедников, бежавших из империи.

365 г. | Попытка императора Юлиана Отступника отвергнуть христианство и вернуться к культу Митры не удалась.

- Соратник Юлиана — грек Аммиан Марцеллин начал писать историю поздней Римской империи.

375 г. Гунны разгромили державу гóтов в Причерноморье. Остготы и славяне подчинились гуннам, вестготы ушли за Дунай, на земли империи.

378 г. Вестготы разбили римскую армию при Адрианополе. Император Валент погиб, его сменил Феодосий I.

381 г. В Константинополе 2-й Вселенский Собор утвердил канонический текст Библии и догмат о Троице.

- Император Феодосий I объявил православие религией, обязательной для чиновников империи. Но многие крестьяне и солдаты хранят языческие традиции.

394 г. Состоялись последние Олимпийские игры. Феодосий I запретил их как проявление язычества.

395 г. После смерти Феодосия I Римская империя распалась на Восточную и Западную. В обеих частях от лица императоров правят военачальники-варвары (из германцев).

- Кочевники табгáчи (ветвь племени сяньб́и) объединили Северный Китай в царство Тóба Вэй.

410 г. Вестготы под командой Áлариха взяли выкуп с Рима, затем ушли в Галлию и поселились там. Под давлением вестготов вандалы переселились из Галлии в Испанию.

415 г. В Александрии фанатики-христиане разгромили Музей, убив некоторых ученых, но Библиотека продолжает работать.

420 г. Национальная династия Лю Сун объединила Южный Китай и воюет с северным царством Тоба Вэй (где правят варвары).

429 г. Вандалы переселились из Испании в Африку и основали свое царство вокруг Карфагена.

- Епископ Августин Блаженный завершил книгу «О Граде Божием», призывающую заменить Римскую державу Христианской церковью, усвоив учения Платона и Аристотеля.

431 г. В Эфесе 3-й Вселенский Собор объявил ересью учение патриарха Нестория. Несториане бегут из империи в Иран.

440 г. Аттила стал единовластным правителем гуннов в Причерноморье.

- В Константинополе идет постройка стены Феодосия II для защиты от гóтов и гуннов.
- Римский военачальник Аэций бежал к гуннам и с помощью Атиллы вернул себе власть в Западной империи. В Галлии Аэций основал княжество, независимое от Рима.
- В империи Сун (Южный Китай) историк Фань Е составил «Хоу Хань Шу» — историю династии Поздняя Хань до ее распада.

449 г. | На «разбойничьем» соборе в Эфесе монофизиты одолели сторонников православия.

451 г. | На 4-м Вселенском Соборе в Халкíдоне православные (с участием папы Льва I) одолели монофизитов, объявили их учение ересью и утвердили свой Символ Веры как догмат церкви. Этим завершилась аксиоматизация православия.

- На Каталаунском поле (в Галлии) войска вестготов, франков и других крещеных варваров под командой Аэция разбили войско гуннов и остготов под командой Атиллы.

452 г. | Атила вторгся в Италию, осадил Рим и взял с него выкуп (после переговоров с папой Львом I).

453 г. | Атила умер. Аэций убит по приказу императора.

455 г. | Вандалы из Карфагена захватили Рим и разорили его. После этого Папа Римский стал единственным главою Рима, а императоры Запада не покидают Равенну.

460 г. | Буддизм объявлен государственной религией в царстве Тоба Вэй. Его правители (табгачи) пытаются сблизиться с подчиненными китайцами, перенимая китайский придворный ритуал, одежду и обычаи.

474 г. | В Константинополе свергнуто правительство остготов. Императором Востока избран военачальник Зенон Исавр.

476 г. | В Риме германский военачальник Одоакр сверг императора Ромула Августула и воцарился, приняв титул «рекс Италии». Западная Римская империя исчезла.

486 г. | Рекс франков Хлодвиг завоевал последнее римское княжество в Галлии (основанное Аэцием).

488 г. | В Иране жрец Маздак начал религиозную реформу, которая вылилась в революцию с коммунистической программой.

491 г. В Константинополе свергнут «варварский» император Зенон Исавр. Его сменил военачальник Анастасий Ромей.

493 г. Остготы вторглись в Италию. Убив Одоакра, рекс гóтов Теодорих основал здесь царство, независимое от Восточной империи.

498 г. В Галлии рекс франков Хлодвиг принял православное крещение со своей дружиной. С этого началось превращение Римской Галлии в варварскую Францию.

500 г. В Индии Ариабхата изобрел позиционную десятичную запись целых чисел (без цифры 0).

525 г. В Риме введено летоисчисление от Рождества Христова.

529 г. Император Юстиниан I закрыл Академию в Афинах.

530 г. В Иране шах Хосров I Ануширван истребил последних революционеров — маздакитов и восстановил военную монархию с культом Ахурамазды.

534 г. Войска Юстиниана разгромили царство вандалов в Африке и вторглись в Италию, чтобы подчинить империи царство остготов.

- В Константинополе юристы во главе с Трибонианом составили «Свод римского права», объединив наследие республики и империи.

537 г. По приказу Юстиниана полководец Велизарий сменил папу за неподчинение императору. В походе Велизария сопровождает историк Прокопий Кесарийский.

- В Монте-Кассино (Италия) св. Бенедикт основал первый католический монастырь с уставом, включающим изучение и переписку богословских книг.
- В Константинополе началось производство шелка по китайскому рецепту.

550 г. В Восточной Степи тюрки создали профессиональную конную армию и образовали Каганат — военно-аристократическую державу кочевников, контролирующую Шелковый путь.

- В Северном Китае распалось «варварское» царство Тоба Вэй и образовалось национальное царство Бэй Ци.

558 г. Войска тюрков, наступая от Алтая вдоль Шелкового пути, достигли Азовского моря на западе, Кореи на востоке.

563 г. | В Константинополе построен храм Святой Софии — первое чудо средневековья.

- Прокопий Кесарийский написал официальную историю войн Юстиниана с персами, вандалами и готами, а также «Тайную историю» (в ней описаны злодеяния Юстиниана, коррупция чиновников, истощение народа ромеев).
- Китайские царства Бэй Ци и Бэй Чжоу платят дань Каганату тюрок.

570 г. | В Мекке родился Мухаммед.

581 г. | Полководец царства Бэй Чжоу — Ян Цзянь объединил Северный Китай, основав династию Суй.

589 г. | Император Ян Цзянь подчинил Южный Китай, империя Суй охватила всю Поднебесную.

590 г. | Папа Григорий I начал посылать миссионеров ко всем варварским племенам Европы. Он назначил Августина первым епископом Британии (в Кентербери).

- В Галлии епископ Григорий Турский написал «Историю франков».

604 г. | Держава тюрок распалась на Восточный и Западный каганаты; Восточный каганат воюет с империей Суй, Западный каганат воюет с Ираном и союзничает с Византией.

- В Византии вспыхнула гражданская война.
- Персы возобновили войну с ромеями. Они захватывают восточные провинции: Сирию, Палестину, Египет.

610 г. | Полководец Ираклий избран императором в Константинополе: в Мекке Мухаммед начал проповедовать ислам — новую религию, созданную на основе иудаизма и христианства.

618 г. | В Китае пограничная армия свергла династию Суй и основала новую империю Тан.

622 г. | Хиджра (бегство) — переселение Мухаммеда из Мекки в Медину, где его признали пророком Аллаха и правителем города.

626 г. | Персы и авары одновременно осаждают Константинополь из Азии и Европы.

- Императором Китая стал Ли Шиминь (Тай-цзун). Он основал в столице — Чанъани — университет.

627 г. Ираклий совершил рейд из Константинополя по Черному морю в тыл персов, разбил их войско при Ниневии и осадил столицу Ирана — Ктэсифон.

628 г. Заключен мир между Ираном и Византией, которые истощены взаимной войной.

630 г. Пророк Мухаммед подчинил Мекку и создал в Аравии теократическую державу с демократической армией — Халифат.

- Император Тай-цзун победил тюрков Восточного Каганата и сделал их вассалами Китая.
- В империи Тан сложился *административный* симбиоз коренных китайцев (земледельцев), наемных солдат и пограничных степняков (кочевников). Культурного единства империи нет.
- Во Франции рекс Дагоберт (потомок Хлодвига) ввел римское право, единое для франков (завоевателей) и покоренных ими галлов.

632 г. Умер пророк Мухаммед. Его преемники (халифы) начали *джихад* — войну за распространение ислама на весь мир.

642 г. Халиф Омар покорил Египет и занял Александрию, но не обратил внимания на Библиотеку (которая давно находится в упадке).

651 г. Арабы завершили покорение Ирана, уничтожили династию Сасанидов.

- По приказу халифа Османа составлен Коран — официальная запись всех высказываний Мухаммеда, ставшая основой мусульманского богословия и права.
- В Индии математик Брахмагупта усовершенствовал десятичную запись целых чисел, введя цифру 0.

661 г. Столицей Халифата стал Дамаск в Сирии, где правит Муавия — основатель первой династии халифов (Омейядов).

664 г. В империи Тан составлены истории всех династий времен Смуты: Цзинь, Тоба Вэй, Лян, Сун, Бэй Ци, Бэй Чжоу, Суй.

672 г. Арабы начали блокаду Константинополя с суши и моря. Оборону возглавил император Константин IV Погонат.

676 г. В Константинополе химик Каллиник изобрел «греческий огонь»: смесь серы, селитры и нефти, которая горит даже на воде.

678 г. Уничтожив арабский флот «греческим огнем», ромеи отразили натиск мусульман на Константинополь. Византия уцелела.

681 г. В низовьях Дуная возникло ханство Болгария, населенное тюрками-болгарами (они составляют правящий слой) и славянами (большинство населения). Попытка ромеев подчинить Болгарию не удалась.

- В Индии арабы познакомились с индийской позиционной арифметикой и переняли ее.
- В Египте и Сирии арабы познакомились с ремеслом химиков и дали этой науке имя «аль-кэми».

698 г. Венеция стала республикой, независимой от Византии.

711 г. Арабы и берберы переправились из Африки в Европу и завоевали государство вестготов в Испании.

717 г. Войска Халифата повторно осадили Константинополь.

- Полководец Лев Исавр избран императором Византии. Он отразил натиск арабов на столицу.

719 г. Во Франции полководец Карл Мартелл начал объединять распавшееся королевство Меровингов.

726 г. Император Лев III Исавр начал религиозную реформу, которая вылилась в новую ересь — *иконоборчество*. Эта усобица задержала миссионерство в Византии.

731 г. Папа Григорий III проклял иконоборцев. С этого начался раскол между государственными церквями Запада и Востока (между католицизмом и православием).

732 г. При Пуатье войско Карла Мартелла разбило арабскую армию и остановило натиск мусульман на Францию.

- В Англии монах Бэда составил «Церковную историю англов и саксов», датируя события от Рождества Христова.

737 г. Армия Халифата вторглась в Хазарию и преследовала хазар до Средней Волги. Но затем арабы отошли к Кавказу, не найдя в Поволжье союзников. Так прекратилась агрессия мусульман в степной зоне.

746 г. В Мерве перс-шиит Абú-Муслím начал агитацию против династии Омейядов. Это — начало политического раскола в исламском мире.

750 г. Войска Абу-Муслима взяли Дамаск, истребили династию Омейядов. На смену ей пришла династия халифов Аббасидов.

754 г. Халиф Аль-Мансур казнил Абу-Муслима и стал единовластным правителем Халифата.

- Папа Стефан II бежал от лангобардов во Францию под защиту короля Пипина Короткого.

751 г. В Таласской долине (в Киргизии) войска империи Тан оставили армию Халифата. Эта битва положила конец агрессии Халифата на восток, а империи Тан — на запад (вдоль Шелкового пути).

756 г. Арабы в Испании отделились от Халифата, выбрав своим правителем (эмиром) беглеца из династии Омейядов.

763 г. Аль-Мансур перенес столицу Халифата в Багдад.

771 г. Карл Великий стал рексом франков и начал войну с целью покорения и крещения саксов в Германии.

- Ученый англосакс Алкуйн (ученик Беда) возглавил школу в Йорке.

781 г. Алкуин встретился в Риме с Карлом Великим и принял приглашение возглавить школу при его дворе в Ахене.

786 г. Гарун ар-Рашид стал халифом в Багдаде.

- Химик Джабир (Гебер) ибн Хайян из Кúфы (в Ираке) стал приближенным Гаруна ар-Рашида.
- Джабир предположил, что основные природные стихии — сера и ртуть и что существует стихия «аль-иксир», вызывающая любые реакции между веществами.
- По приказу халифа Гаруна Джабир стал воспитателем его сына Маамуна и основал в Багдаде Дом Мудрости (Дар аль Хйкма) — первую академию наук исламского мира.
- В Китае появились пороховые мины и зажигательные ракеты.

800 г. Папа Лев III короновал в Риме Карла Великого как главу Священной Римской империи.

- В Западной Европе начались набеги викингов из Скандинавии на христианские города и монастыри.
- В Багдаде Джабир получил крепкую уксусную кислоту и слабую азотную кислоту. Но попытки выделить «аль-иксир» и с его помощью получить золото из других металлов не удалось.

801 г. Карл Великий отвоевал у мусульман Испании Барселону. Это стало началом христианской Реконкисты, а Барселона стала центром культурных контактов между католиками и мусульманами.

- В Багдаде составлен сборник сказок «1001 ночь».

813 г. Халиф Маамун начал править в Багдаде.

- Математик Мухáммед аль-Хорезмí начал работать в Доме Мудрости в Багдаде.
- В Ахене монах Эйнгард составил биографию Карла Великого.
- Хорезми составил подробную таблицу синусов и измерил длину градуса земного меридиана в районе Багдада.
- Хорезми написал книгу «Аль-Джебр ва-аль-Мука́ббала» — первый учебник алгебры, в котором он изложил приемы решения уравнений и вел расчеты в десятичной позиционной системе.

833 г. Со смертью халифа Маамуна расцвет Дома Мудрости в Багдаде прекратился, власть захватила военная партия.

843 г. Внуки Карла Великого разделили его державу на Францию, Германию и Лотарингию согласно воле новых европейских народов.

- После смерти императора Феофила в Византии почитатели икон (православные) одолели иконоборцев.

858 г. Папой стал Николай I — основатель церковной монархии в Западной Европе. Он предложил правителям Византии возобновить союз церквей (при старшинстве Рима).

- В Константинополе патриархом стал Фотий — профессор Магнавры (гуманитарного университета). Он готовит своих учеников к проповеди христианства среди варваров Восточной Европы: хазар, варягов и славян.

860 г. Варяги и славяне из Киева совершили набег на Константинополь.

864 г. Ученики Фотия (Кирилл и Мефодий) начали проповедь православия в Болгарии. Хан Борис (Михаил) принял крещение.

867 г. В Болгарии Кирилл и Мефодий перевели Евангелие на славянский язык, используя местный и греческий алфавиты.

878 г. Король Уэссекса Альфред отразил набеги викингов в Англии, заставил их осесть на земле и креститься. Альфред восстановил в Англии школы, пришедшие в упадок в эпоху борьбы с викингами.

882 г. В Киеве вождь варягов Хельги (Олег) договорился с вождями славян и основал Русь, подчинив Киеву Смоленск.

- В Иране химик и врач Мухаммед ар-Рази продолжил исследования Джабира. Он выделил сурьму, изобрел гипсовую повязку и предположил, что спирт и соль — особые стихии, равноправные с серой и ртутью.

886 г. Париж выдержал долгую осаду от викингов и стал центром воссоединения Франции, а глава обороны (граф Одо) стал родоначальником династии королей — Капетингов.

890 г. Начался распад Халифата на национальные государства. Первую монархию со столицей в Бухаре основал персидский полководец Исмаил Самани.

- Кочевники мадьяры переселились из Хазарии в Паннонию — будущую Венгрию.

893 г. Ханом и царем Болгарии стал Симеон Просветитель — выпускник университета Магнавры. Он основал в стране школы, начал переводы греческих книг на болгарский язык.

907 г. В Китае империя Тан распалась вследствие военного мятежа. Страна охвачена усобицами.

910 г. В Аквитани основан монастырь Ключи со строгим уставом, включающим изучение и переписку церковных книг.

911 г. Вождь викингов Ролло принял крещение и основал Нормандию — самое централизованное герцогство в Западной Европе. Здесь скандинавы быстрее всего перенимают христианскую культуру и феодальную государственность.

913 г. Симеон Просветитель осадил Константинополь, требуя признать его императором Византии (либо царем Болгарии).

918 г. Между Болгарией и Византией заключен равноправный мир. В Болгарии учреждена патриархия.

920 г. Правителем Византии стал флотоводец Роман Лакапен — опекун юного императора Константина VII, который учится в Магнавре.

944 г. Константин VII стал императором Византии. Он чередует государственные дела с сочинением книг по истории, политике и этнографии окрестных варваров.

955 г. Король Германии — саксонец Оттон I разбил войско мадьяр на Лехфельде (близ Аугсбурга) и остановил их набеги.

957 г. Княгиня Ольга из Киева прибыла в Константинополь и приняла крещение с участием императора Константина VII.

962 г. Оттон I избран императором Священной Римской империи на съезде князей Германии с благословения папы.

966 г. Князь Польши Мешко I принял крещение от Рима.

- Герберт из Орильяка, приняв монашество в Ключи, отправился в Барселону, чтобы усвоить римскую и греческую мудрость, сохраненную мусульманами.

970 г. Святослав Киевский воюет с императором Иоанном Цимисхием в Болгарии, пытаясь создать славянскую державу от Дуная до Днепра.

- Иоанн Цимисхий заключил союз с Оттоном I и выдал свою племянницу Феофано замуж за его сына — Оттона II; монах Герберт поселился в Кордове: он выучил греческий, арабский и еврейский языки, чтобы читать классиков религиозной и научной мысли.

980 г. Герберт вернулся во Францию и стал епископом в Реймсе. Там он основал училище, в котором преподавались древние языки, арифметика, музыка и естествознание. Среди учеников Герберта — сыновья многих правителей католической Европы.

- Персидский поэт Абулькасем Фирдоуси начал писать «Шахнамэ» («Книгу Царей») — историческую поэму о правителях Ирана.
- В Каире Хасан аль-Хайсам установил законы преломления света в линзах и отражения света в зеркалах, исследовал свойства параболического зеркала и оценил толщину атмосферы.

987 г. Граф Гюго Капét стал королем Франции и основал династию Капетингов. Ему помогает епископ Герберт.

988 г. Владимир Киевский принял православие и навязал эту религию киевлянам и новгородцам. Византийская царевна Анна стала женой князя Владимира. В Киеве появились епископия и библиотека.

999 г. Епископ Герберт избран папой (Сильвестром II) при поддержке императора Оттона III (своего ученика).

1000 г. Викинг Лейф Эриксон из Гренландии доплыл до Ньюфаундленда (Винланда). Началось заселение Северной Америки европейцами.

- Оттон III и Сильвестр II пожаловали короны крещеным вождям мадьяр (Иштвану I) и норвежцев (Олафу I).
- В Исландии впервые собрался общенародный тинг (вече) и образовалась республика. Чтобы избежать распрей, тинг принял решение о крещении всех исландцев.

1006 г. Китайские астрономы наблюдали вспышку *сверхновой* звезды (в созвездии Кассиопеи).

1020 г. Тюркский султан-мусульманин Махмуд Газневи пытается покорить «языческую» Индию из Афганистана. При дворе султана работают ученые: врач Авиценна, геолог Бируни, историк и поэт Фирдоуси.

- Авиценна составил «Канон врачебной науки», дополнив учение Гиппократов и Галена в области анатомии и физиологии.
- Бируни составил первый трактат по минералогии.
- Фирдоуси завершил поэму «Шахнаме» описанием деяний царей Сасанидов (до вторжения мусульман в Иран).

1022 г. В Орлеане по решению церкви сожжены на костре еретики (впервые в католическом мире).

- В Китае началось книгопечатание с помощью подвижного керамического шрифта.

1037 г. В Киеве Ярослав Мудрый основал храм Софии и первое училище. Началось русское летописание и переводы греческих книг.

- В Испании королевства Кастилия и Леон объединились и начали *крестовые походы* против мусульман (Реконкисту).

1040 г. В Китае Сыма Гуан составил сводную историю страны от времен Конфуция до основания империи Сун.

1054 г. Турки-сельджуки заняли Багдад и взяли под контроль халифа Аббасида.

- Между церквями Рима и Константинополя произошел окончательный разрыв: папа и патриарх объявили друг друга еретиками.
- В Китае астрономы наблюдали самую яркую сверхновую звезду (будущую Крабовидную туманность).

- В Китае появились первые пушки.

1066 г. Герцог Нормандии Вильям I завоевал Англию.

- Европейцы впервые отметили появление кометы Галлея (это название появилось в XVII в.).

1073 г. Кардинал Гильдебранд избран папой Григорием VII. Он превращает римскую церковь в политическую партию, способную к диктатуре над всеми католиками.

1077 г. Григорий VII принудил императора Генриха IV к покаянию в Каноссе.

- Математик и поэт Омар Хайям в Нишапуре составил проект нового календаря и «Комментарии к трудным местам в книгах Евклида». Но решить общее кубическое уравнение Хайяму не удалось.

1085 г. Папа Григорий VII умер, не завершив реформу в церкви, но завещав преемникам отвоевать Иерусалим у «неверных». По инициативе папы исламская медицинская школа в Салерно (Южная Италия) преобразована в католический университет (первый в Западной Европе).

1086 г. Кастильские рыцари отвоевали у мусульман Толедо, но вскоре были разбиты войском Альморавидов, прибывшим из Африки. На этом Реконкиста остановилась.

- В Англии Вильям I Завоеватель провел перепись всех земельных угодий и их владельцев, составив «Книгу Страшного Суда». Это первый опыт бюрократического абсолютизма в Западной Европе.

1095 г. Папа Урбан II призвал католиков к крестовому походу в Иерусалим для освобождения Гроба Господня из рук мусульман.

1099 г. Крестоносцы (в основном французы) завоевали Иерусалим и основали в Палестине католическое королевство.

- В городе-коммуне Болонья (Северная Италия) возникла юридическая школа — зародыш университета.

1110 г. Богослов Пьер Абеляр прославился в Париже как популярный лектор по всем разделам философии и науки.

- Папа Римский запретил проверять невиновность обвиняемого путем «Божьего суда».

1115 г. | Св. Бернар основал в Клервó (Бургундия) монастырь, прославившийся высокой ученостью.

1118 г. | По призыву св. Бернара архиепископ Парижа запретил Абеляру преподавать богословие и заточил его в монастырь.

- В Палестине основаны первые духовно-рыцарские ордена — тамплиеров и госпитальеров.

1122 г. | Заключен Вормский конкордат — раздел светских полномочий между папой и императором.

- Англичанин Аделяр из Бата, посетив Византию, занялся переводами греческих классиков с арабского на латынь. В первую очередь он перевел «Начала» Евклида, «Диалоги» Платона и книгу аль-Хорезми.

1136 г. | Новгород стал республикой, независимой от Киевского княжества. Новгородцы почти поголовно грамотны.

- Аделяр стал учителем английского принца Генриха II Плантагенета.
- Монах Герардо из Кремоны поселился в Толедо и перевел на латынь труды Аристотеля, Птолемея, Гиппократ и Галена.

1140 г. | В Париже и Оксфорде образованы университеты — опекаемые церковью грамматические и богословские школы.

1143 г. | В Оксфорде прочитан первый спецкурс, посвященный географии Уэльса.

1146 г. | Дворянин Арнольд из Брешии основал в Риме республику. Но вскоре она была уничтожена имперскими войсками.

1155 г. | Фридрих I (Барбаросса) избран императором Германии.

- Андрей Боголюбский начал княжить во Владимире. Этот город стал центром первой российской монархии.
- В империи Цзинь (Северный Китай) министр Дигунай ввел бумажные деньги. Вскоре их бесконтрольный выпуск привел к банкротству казны.

1158 г. | С помощью юристов из Болоньи император Фридрих Барбаросса оформил «Кремонские статуты» — первую конституцию Священной Римской империи, включающую регулярные собрания князей — рейхстаг.

- Фридрих Барбаросса пожаловал университету в Болонье право самоуправления — независимость от городских властей.

1164 г. В Англии Генрих II издал «Кларендонские статуты» — королевский вариант конституции. Но архиепископ Томас Бекет и папа Александр III не признали их законными.

1165 г. По требованию Фридриха Барбароссы поставленный им «антипапа» объявил Карла Великого святым.

1167 г. Города-республики Северной Италии образовали Ломбардскую лигу — военный союз для борьбы с императором, под формальным главенством Папы Римского.

1170 г. Архиепископ Томас Бекет убит в Кентерберии сторонниками короля Генриха II.

1173 г. Папа Александр III объявил Томаса Бекета святым. После этого Генрих II принес публичное покаяние у могилы Бекета.

1174 г. Андрей Боголюбский убит боярами за самовластье. Но граждане Владимира казнили убийц и призвали на княжение брата Андрея — Всеволода Большое Гнездо, который продолжил создание «Владимирского королевства».

1176 г. Армия Фридриха Барбароссы разбита войсками Ломбардской лиги при Леньяно. После этого Фридрих примирился с Папой Римским.

1180 г. Филипп II стал королем Франции и пожаловал Парижскому университету королевский статут по примеру имперского университета в Болонье.

1184 г. В Вероне (Северная Италия) церковный синод учредил инквизицию для борьбы с тайными еретиками.

- В Грузии Шота Руставели написал поэму «Витязь в тигровой шкуре» в поддержку прав царицы Тамары на единоличную власть.

1187 г. Египетский султан Салах-ад-дин (Саладин) разбил войско крестоносцев и занял Иерусалим. Между крестоносцами и мусульманами в Палестине установилось равновесие сил.

1188 г. В Леоне (Испания) собрались первые кортесы (парламент) с участием выборных горожан.

1190 г. В Палестине начался 3-й Крестовый поход, цель которого — возвращение Иерусалима под власть христиан. Император Фридрих Барбаросса погиб в пути, а короли Франции и Англии поссорились, в результате поход завершился неудачей.

1194 г. | Новгород признал вассальную зависимость от великого князя Владимирского — Всеволода Большое Гнездо. На Руси установилось равновесие сил между монархией и республикой.

1198 г. | Лотарио ди Конти ди Сеньи избран папой Иннокентием III. Это первый выпускник Парижского университета на римском престоле. Он назначил своего однокурсника Стефана Ленгтона главой английской церкви.

1202 г. | Купец Леонардо Фибоначчи из Пизы (знакомый с арабской наукой) написал «Книгу абака» — первый в Западной Европе учебник арифметики с десятичной записью и нулем.

1204 г. | Крестоносцы (во главе с венецианцами) захватили Константинополь и основали Латинскую империю на месте Византии.

1206 г. | Тэмучжин избран Чингисханом — военным вождем всей Монголии. Началось строительство последней великой державы степняков-язычников.

1209 г. | Св. Франциск Ассизский основал монашеский орден миноритов для проповеди христианства среди бедняков. Один из постулатов Франциска — культ природы как образа Бога.

1211 г. | Во Владимире Всеволод Большое Гнездо созвал первый Земский Собор для решения вопроса о престолонаследии.

1212 г. | Англичанин Некхем описал в книге магнитный компас с иглой из природного железняка и круговой шкалой.

1215 г. | Монголы захватили Пекин и поделили Северный Китай с чжур-чженьской империей Цзинь. Чингисхан назначил своим министром Елюя Чуцая — наследника киданьской империи Ляо.

- В Англии появилась Великая хартия вольностей — первая конституция феодальной монархии. Ее редактор — архиепископ Стефан Ленгтон. Папа Иннокентий III не признал законность Хартии, но ее сторонники победили короля Джона Безземельного в гражданской войне.
- Св. Доминик основал монашеский орден доминиканцев для обращения еретиков и язычников в католицизм. Один из тезисов Доминика — необходимость овладения всеми знаниями, которые доступны иноверцам.

1220 г. Рейхстаг Священной Римской империи избрал императором Фридриха II Штауфена — внука Барбароссы.

- Фридрих II установил на Сицилии абсолютную монархию по образцу исламских государств, где чиновники ответственны только перед монархом.
- Фибоначчи участвует в научных диспутах при дворе Фридриха II.
- Фибоначчи написал «Практическую геометрию» — первый популярный учебник геометрии в Европе.

1224 г. Фридрих II основал в Неаполе первый императорский университет, чтобы готовить чиновников для своей державы.

1227 г. Чингисхан умер, его преемники продолжают завоевания вдоль Шелкового пути.

1229 г. Император Фридрих II, будучи отлучен от церкви папой Григорием IX, заключил мирный договор с султаном Египта Кемалем и короновался в Иерусалиме.

1232 г. Папа Григорий IX поручил доминиканцам руководство инквизицией во всех землях, пораженных ересью (прежде всего в Южной Франции).

1235 г. Монголы завершили покорение Северного Китая и подчинили Тибет.

- Кастильцы завоевали Кордову, арагонцы — Валенсию. Только Гранада осталась оплотом ислама в Испании.
- Литовцы впервые разбили крестоносцев у Шауляя. Образовалась Литва — последняя держава язычников в Западной Европе.

1240 г. Монголы покорили Русь и вторглись в Западную Европу.

- Папа Иннокентий IV, занятый войной с императором Фридрихом II, отказался объявить общий крестовый поход католиков против монголов.
- Епископ Роберт Гросетест (ученик Стефана Ленгтона) пригласил в Англию ученых-греков из разоренной Византии для усвоения греческой науки из первых уст.
- Гросетест изучает оптику по арабским источникам и по собственным опытам. Он считает свет первичной стихией, основой всех веществ и тел.
- Гросетест начал изучение сходящихся и расходящихся рядов, сравнивая их с геометрической прогрессией. Он поставил во-

прос о сравнении числовых бесконечностей и о математическом обосновании постулатов физики.

1243 г. Войска монголов отошли из Западной Европы. Хан Батый основал на Нижней Волге Золотую Орду — последнюю державу степных язычников в Европе. Князья Руси стали вассалами Золотой Орды.

1244 г. В Монсегюре сожжены последние вожди еретиков-катаров. Все феодалы Южной Франции стали вассалами парижского короля Луи IX Святого.

- Папа Иннокентий IV объявил иудеев врагами христианства. Король Луи IX изгнал иудеев из Франции.
- Роль ростовщиков в Западной Европе перешла от иудеев к северным итальянцам (ломбардцам).
- Альберт Великий (Больштет) преподает в Парижском университете алхимию и естествознание на основе трудов Аристотеля и Гебера. Среди его учеников — Фома Аквинский.

1246 г. Папский легат Плано Карпини прибыл в столицу Монголии (Каракорум) для выяснения возможности союза католиков с монголами против мусульман. Эта разведка не дала положительных результатов.

- Князь Александр Невский начал сотрудничать с ханом Батыем. Его план: вассальный союз Руси с Золотой Ордой и (в перспективе) православное крещение Орды.

1250 г. Смерть Фридриха II Штауфена положила конец военному соревнованию пап и императоров в Западной Европе.

1251 г. Литовский князь Миндовг принял крещение и королевскую корону от Папы Римского.

1252 г. Александр Невский стал князем Владимира и Новгорода. Он платит дань ханам Орды, утверждает на Руси великокняжескую монархию, подавляет вечевую аристократию и демократию в Новгороде.

1253 г. В Англии умер епископ Гросетест. Среди его учеников — политик граф Симон V де Монфор и ученый Роджер Бэкон.

- Папа Иннокентий IV разрешил инквизиторам пытать нераскаявшихся еретиков.

- Робёр Сорбён (духовник короля Франции) возглавил Парижский университет и основал в нем общежитие для бедных студентов — Сорбонну.

1258 г. Монголы захватили Багдад и убили последнего халифа из династии Аббасидов.

- Знать Англии восстала против короля Генриха III и приняла новый вариант конституции — «Оксфордские постановления».

1260 г. Войско хана Хулагу́ разбито в Сирии египетскими мамлюками. Конец наступления монголов на западе Евразии. Литовский князь Миндовг разорвал союз с католиками и заключил союз с Александром Невским против крестоносцев.

- В столице Золотой Орды (Сарае) возникла православная епископия.
- Греки отвоевали Константинополь у крестоносцев и восстановили Византийскую империю (династия Палеологов).

1262 г. Начался распад империи Чингисхана на национальные государства. Хан Хубила́й обособился в Китае, Хулагу́ — в Иране, Берке́ — в Золотой Орде.

1265 г. В Англии граф Монфор созвал первый парламент с участием выборных представителей горожан и рыцарей (наряду с высшей знатью).

- Граф Монфор убит в бою. Парламент признал принца Эдварда правителем Англии. Начался диалог двух властей: выборной и наследственной.
- В Оксфорде францисканец Роджер Бэкон написал «Opus Majus» — энциклопедию натурфилософии, основанную на личных опытах. Бэкон впервые описал черный порох и телескоп; предложил исправлять дефекты зрения с помощью очков; выдвинул проект кругосветного путешествия по морю; угадал возможность универсального двигателя для морских судов, колесных экипажей и летательных аппаратов.

1270 г. Король Франции Луи IX умер в крестовом походе и вскоре признан святым.

- Доминиканец Фома Аквинский написал «Summa Theologiae» — аксиоматическое изложение основ богословия и натурфилософии. В этой книге учение Аристотеля впервые успешно соединено с христианством. Книга Фомы стала основой католиче-

ской учености и задачником для европейских естествоиспытателей.

1271 г. Хубилай (внук Чингисхана) объявил себя императором Китая, основал очередную «варварскую» династию — Юань и начал завоевание Южного Китая, где правит национальная династия Сун.

- Ко двору Хубилая прибыли по Шелковому пути купцы из Венеции — братья Поло. Вскоре Марко Поло стал министром в империи Хубилая.

1274 г. Вторжение флота Хубилая в Японию не удалось из-за тайфуна Камикадзе. Япония сохранила независимость, но весь Китай захвачен династией Юань.

1282 г. Флоренция стала аристократической республикой.

1284 г. Генуя стала республикой — главной соперницей Венеции на Средиземном море.

- На Северном море возникла Ганза — торговый союз приморских городов во главе с Любеком и Брюгге. Вскоре членом Ганзы стал Новгород.

1289 г. В Кентербери установлены первые башенные часы.

1291 г. Египетские мусульмане (мамлюки) изгнали крестоносцев из Палестины и приютили в Каире последних Аббасидов.

- Три кантона Швейцарии (Швиц, Ури, Унтервальден) добились независимости от Австрии. Возникла Швейцарская конфедерация.

1292 г. Во Флоренции пополаны (незнатные граждане) разрушили башни грандов и основали демократическую республику (при формальном верховенстве Папы Римского).

1297 г. Францисканец Раймонд Луллий в книге «Ars Magna» описал химический способ получения спирта из вина и предложил первый проект логической вычислительной машины.

- Марко Поло вернулся в Италию и написал «Книгу чудес» — первое в Европе описание стран Дальнего Востока.
- Данте Алигьери изгнан из Флоренции в ходе усобицы, которую разожгли банкирские дома.
- Монах Бонаventura описал способ получения «царской водки» и ее свойства.

- Один из алхимиков Западной Европы (псевдо-Гебер) описал способ получения серной кислоты.

1299 г. | Правитель турок Осман Гази объявил *gazavat* — войну за подчинение всех иноверцев власти ислама. Началось строительство Османской империи на землях Византии силами разноплеменных добровольцев-мусульман.

1302 г. | Во Фландрии ополчение горожан впервые разбило армию французских рыцарей. Король Франции Филипп IV вынужден заключить с фламандцами почетный мир, а они признали его сюзереном — по образцу Священной Римской империи, где многие города имеют самоуправление (Магдебургское право).

- Начался рост Московского княжества: захвачены Коломна и Можайск, присоединен Переславль-Залесский.

1303 г. | Филипп IV, будучи отлучен от церкви папой Бонифацием VIII, но имея поддержку французской церкви и Генеральных Штатов, сверг Бонифация с престола и добился избрания папой своего ставленника — Климента V.

1307 г. | Король Филипп IV и папа Климент V распустили орден тамплиеров — богатейшую республику католической Европы. Климент V перенес свою резиденцию в Авиньон, положив начало Авиньонскому плену римских пап.

1312 г. | Хан Узбек объявил ислам государственной религией Золотой Орды.

1315 г. | Вильям Оккам в Оксфорде начал преподавать философию на основе номинализма, отрицая реальность универсальных «идей» Платона и Фомы Аквинского.

- Швейцарская пехота, разбив австрийцев при Моргартене, стала образцом для новых армий Европы.

1320 г. | Данте Алигьери в изгнании завершил «Божественную комедию» — стихотворную энциклопедию, в которой отразились традиционные модели Вселенной (античная и христианская), а также новая (индивидуалистическая) модель исторического процесса.

- В Италии и Франции появились первые пушки (прежде в Европе были известны только пороховые мины).

1325 г. Иван Калита стал князем Москвы и начал собирать Русь, сочетая прочный союз с церковью, финансовый диалог с Ордой и генуэзцами, военное противостояние Литве.

1337 г. Начало Столетней войны между Англией и Францией.

1339 г. Сергей Радонежский основал Троицкий монастырь.

- Жан Буридан начал преподавать богословие и философию в Сорбонне. Он отверг некоторые постулаты Аристотеля и впервые предложил принцип инерции.

1346 г. В Золотой Орде и Италии началась эпидемия чумы («Черная смерть»), распространившаяся из Китая вдоль Шелкового пути.

- При Кресі лучники-англичане разгромили французских рыцарей.

1347 г. Трибун Колá ди Риенци объявил Рим республикой, независимой от «авиньонского» папы. Но вскоре республика была разгромлена имперскими войсками.

- В Византии монах Григорий Паламá проповедует *исихазм* — мистическое учение о прямом пути единения человека с Богом путем интенсивной молитвы.

1348 г. Император Карл IV (выпускник Сорбонны) основал в Праге университет (первый в германских землях).

1354 г. Алексей стал митрополитом Руси и главой правительства Москвы. Он поддержал монастырскую реформу Сергия Радонежского.

- Турки-османы впервые укрепились на европейском берегу Дарданелл — в Галлиполи.

1357 г. В Париже восставший народ вынудил правителей издать Великий Ордонанс — первую конституцию французской монархии.

- Старшина купцов Этьен Марсель возглавил в Париже коммуны — республику, признающую лишь формальный авторитет короля.
- В Новгороде произошел аристократический переворот Онцифора Лукина. Право выбирать посадника сохранили только бояре — Совет господ во главе с архиепископом.
- В Золотой Орде убит хан Джанибек. Вспыхнула усобица, которая позволила Руси и Литве начать передел Восточной Европы.

1358 г. Крестьяне Франции начали Жакерию — первое восстание, стремящееся уничтожить всякую знать.

1359 г. Турецкий султан Мурад I создал корпус янычар — самоуправляемую общину воинов, с детства оторванных от семьи и получающих государственное военное образование.

1361 г. Турки захватили Адрианополь и сделали его столицей Османской державы.

1363 г. Литовский князь Ольгерд впервые разбил войско Золотой Орды возле Синих Вод; Полоцк, Брянск, Киев и Чернигов попали под контроль Литвы.

1368 г. Начались войны между Литвой и Москвой за власть над Восточной Европой. Москва устояла против натиска Литвы.

- В Китае монгольская династия Юань свергнута народным восстанием. Ее сменила национальная династия Мин.

1370 г. Эмир Тимур Хромой захватил власть в Самарканде и объявил о восстановлении державы Чингисхана по исламскому варианту: с опорой на воинов-степняков и купцов в городах вдоль южной ветви Шелкового пути.

- Эмир Мамай захватил власть в Золотой Орде.
- В Сорбонне Никола́ Орэм доказал, что гармонический ряд сходится. Это первый факт арифметики, который не был известен ученым античного мира.
- В Египте историк Абдурахман ибн Хальдун, сравнив историю арабов, берберов, монголов и турок, создал теорию циклического развития кочевников: от здоровой дикости и военной славы — к созданию державы, покорению оседлых жителей, освоению их культуры, утрате своей культуры и к вырождению народа.

1378 г. Папа Григорий XI вернулся в Рим. Но в Авиньоне кардиналы выбрали нового папу, и в католическом мире началось «двоепапство».

- Во Флоренции вспыхнуло восстание пролетариев *чомпи*. Сходные восстания произошли в Париже (восстание *майотéнов*), в Англии (лучники Уота Тайлера) и в Нидерландах, но успеха все они не имели.

1380 г. Войско Золотой Орды разбито москвичами на Куликовом поле.

- Во Франции смерть Карла V и коннетабля Бертрана Дюгеклена остановила освобождение страны из-под власти англичан.

1383 г. Хан Тохтамыш, разгромив эмира Мамаю и разорив Москву, объявил себя независимым от Тимура. Началась долгая война между Золотой Ордой и державой Тимура.

1385 г. Португальцы разбили войско Кастилии при Альжубарроте, отстаивая свою независимость и получили возможность заморской экспансии.

1389 г. На Косовом поле сербы и болгары были разбиты турками и стали вассалами Османской державы.

- В Китае историк Ло Гуань-чжун написал роман «Троецарствие» — первую литературную обработку традиционной модели исторического процесса в Поднебесной.

1395 г. Тимур разгромил войско Золотой Орды на Тереке и перешел к завоеванию Ближнего Востока.

1396 г. Войско турок разгромило французских крестоносцев при Никополе. Все балканские славяне попали под власть Османов; турки начали блокаду Константинополя.

1399 г. На реке Ворскле войско Золотой Орды разгромило литовско-русское войско князя Витовта. Восточная Русь осталась под контролем Орды, Западная Русь — под властью Литвы.

1402 г. Тимур разгромил войско Османов при Анкаре и этим отсрочил гибель Византии на полвека.

- Испанцы завоевали Канарские острова. Это стало началом заморской Конкисты жителей Пиренейского полуострова.

1405 г. Смерть Тимура привела к распаду его империи на традиционные исламские царства и к возрождению державы Османов.

- Император Чжу-ди направил мореплавателя Чжэн Хэ по морю в Индию и Африку, чтобы взять под контроль Китая Путь пряностей (пока кочевники контролируют Шелковый путь). Так началась «китайская Конкиста» в Южной Азии.

- В Праге священник Ян Гус начал проповедь национальной реформы чешской церкви. Его призывы нашли массовый отклик среди чехов, недовольных засильем немцев в Священной Римской империи.

1410 г. При Грюнвальде армия Польши и Литвы разгромила войско Тевтонского ордена и остановила агрессию крестоносцев в Восточной Европе.

- Китайский флот под командой Чжэн Хэ достиг Цейлона.

1415 г. Ян Гус сожжен по решению церковного Собора в Констанце.

- Португальский принц Энрике Навигадор начал многолетнюю программу создания морского флота с целью достичь берегов Индии, плывя вокруг Африки.

1418 г. Китайский флот достиг Мадагаскара.

- Португальские моряки достигли мыса Бохадор (на полпути от Гибралтара до Зеленого Мыса).

1419 г. В Чехии вспыхнуло национальное восстание гуситов и возникла их теократическая республика в Таборе. Страна охвачена гражданской войной, но успешно отражает вторжения крестоносцев.

1424 г. Со смертью Чжу-ди дальнейшее мореплавание в Китае прекращено как нерентабельное.

1429 г. Во Франции Жанна д'Арк возглавила народное сопротивление англичанам и освободила Орлеан, изменив ход Столетней войны.

- В Самарканде Улугбек (внук Тимура) основал обсерваторию и создал астрономические таблицы, продолжающие таблицы Птолемея.

1431 г. Жанна д'Арк погибла, но Французское королевство возродилось и возобновило борьбу против Англии.

1433 г. Церковный Собор в Базеле обсуждает реформу в католической церкви: сохранить ли единовластие Римского Папы или поставить его под контроль Вселенского Собора. Представители гуситов участвуют в работе Базельского Собора.

1434 г. При Липанах войско умеренных гуситов (из Праги) разбило армию таборитов.

- Банкир Козимо Медичи стал правителем Флоренции.

1437 г. Базельский Собор завершился победой папы-абсолютиста Евгения IV над сторонниками церковного плюрализма.

1439 г. | Заключена Флорентийская уния между церквями Рима и Константинополя: византийцы признали верховенство Папы Римского.

1442 г. | Португальские моряки в Африке достигли Зеленого Мыса и привезли в Португалию первых темнокожих рабов.

- Немец Никлас Кребс (Николай Кузанский) опубликовал тезисы о бесконечности Вселенной, равномерно заполненной звездами, вокруг которых обращаются планеты, подобные Земле, движущейся вокруг Солнца. Эти взгляды не вызвали осуждения церкви; Кребс стал кардиналом в Риме, как организатор церковной унии.

1445 г. | В Германии Иоганн Гутенберг изобрел печатный станок с подвижным металлическим шрифтом.

1453 г. | Турки захватили Константинополь и сделали его столицей Османской империи.

- Французы вытеснили англичан из Гиени. Этим завершилась Столетняя война.

1454 г. | Иоганн Гутенберг напечатал в Майнце первый тираж Библии — 400 экземпляров (на латыни).

1455 г. | В Англии началась феодальная усобица: война Алой и Белой розы.

1458 г. | Папой Римским впервые избран ученый-гуманист Эней Сильвио Пикколóмини (Пий II). Он безуспешно пытается организовать крестовый поход для освобождения Константинополя.

1461 г. | Луи XI стал королем Франции и начал жесткую борьбу с привилегиями знати, сплотившейся вокруг герцога Карла Бургундского.

1462 г. | Иван III стал великим князем Московским. Он продолжил объединение Руси и централизацию органов власти в Москве. Появились первые «приказы» во главе с боярами и дьяками.

1469 г. | Брак принцессы Изабеллы и принца Фернандо привел к объединению Кастилии и Арагона в королевство Испания.

- Лоренцо Мэдици стал правителем Флоренции. При нем сложился кружок деятелей искусства и культуры, в который вошли Леонардо да Винчи, Микеланджело Буонарроти и др.

1472 г. | Математик и астроном Иоганн Мюллер (Regiomontanus) провел первое научное наблюдение кометы.

- Португальские моряки впервые пересекли экватор (в Гвинейском заливе).
- Брак московского князя Ивана III и византийской царевны Софьи Палеолог заложил основу имперских претензий Москвы.

1477 г. | Герцог Карл Бургундский погиб в бою со швейцарцами — союзниками короля Луи XI. Бургундия вошла в состав королевского домена Франции; самовластье короля развивается неограниченно.

1478 г. | Иван III подчинил Новгородскую республику и сделал ее великокняжеской вотчиной. Владения Москвы достигли Урала и Белого моря.

- В Испании введена инквизиция для контроля над новообращенными иноверцами.

1479 г. | Аристотель Фиораванти из Болоньи построил в Москве Успенский собор и создал Пушечный двор.

1480 г. | «Стояние на Угре» положило конец вассальной зависимости Московской Руси от Золотой Орды.

1482 г. | В Венеции напечатаны «Начала» Евклида (на латыни).

1484 г. | В Германии напечатана книга «Молот ведьм» — руководство для инквизиторов.

1485 г. | Иван III подчинил Тверь. Этим завершилось объединение Московской Руси.

- Пьетро Солари из Милана начал строительство стен нового Кремля в Москве.
- Дьяк Посольского приказа Фёдор Курицын, побывав в Италии, основал в Москве первый философский кружок.
- Генрих VII Тюдор разбил при Босворте войско Йорков и стал королем Англии. Война Алой и Белой розы закончилась, началось восстановление королевского абсолютизма.

1487 г. | Испанцы возобновили Реконквисту и завоевали Малагу — важнейшую крепость мусульман на юге Испании.

1488 г. | Португальский капитан Бартоломеу Диаш достиг южной оконечности Африки — мыса Доброй Надежды (Cabo Tormentoso).

1492 г. | Гранада сдалась испанской армии. Этим закончилась Реконкиста: весь Иберийский полуостров попал под власть католиков.

- Христофор Колумб достиг Центральной Америки. Но он не понял, что открыл новый материк.

1493 г. | Иудеи, отказавшиеся принять крещение, изгнаны из Испании. Мусульманам разрешено исповедовать ислам, но запрещено обращать в него христиан. Запрещена эмиграция мусульман и новообращенных христиан в заморские колонии Испании.

1494 г. | В городе Тордесильяс заключен договор между Испанией и Португалией о разделе между ними всех заморских земель.

- Во Флоренции монах Джироламо Савонарола, вызвав своими проповедями массовую вспышку религиозного энтузиазма, установил теократическую республику. Деятельность художников и поэтов подверглась жесткой цензуре.

1497 г. | Джованни Каботто достиг острова Ньюфаундленд в Северной Америке. Он догадался, что это часть нового материка, включающего земли, открытые Колумбом.

1498 г. | Португалец Васко да Гама достиг Индии с помощью арабского лоцмана — Ахмада ибн Маджида.

- Во Флоренции Савонарола свергнут и сожжен как еретик.
- Леонардо да Винчи написал фреску «Тайная вечеря».

1500 г. | Португальцы открыли Бразилию.

- Испанцы открыли устья рек Ориноко и Амазонки.
- Иван III начал отвоевание земель Западной Руси у Литвы.

1502 г. | Вождь турок-кизилбашей шиит Исмаил Сефеві стал шахом Ирана, основал династию Сефевидов.

1504 г. | В Новгороде и Москве сожжены первые еретики («жидовствующие»), в их числе — друзья Фёдора Курицына.

1506 г. | Архитектор Браманте начал в Риме постройку собора Святого Петра с огромным куполом, превосходящим Святую Софию в Константинополе.

1510 г. | Португальцы под командой Альбукерке захватили порты Гоа и Малакка, взяли под контроль всю торговлю в Индийском океане.

- Леонардо да Винчи написал зашифрованный трактат о своих военно-технических изобретениях. В их числе: водолазный колокол и подводная лодка, вертолет и «телевизор» с экраном из точек, заданных числовыми координатами.

- В Нюрнберге созданы первые карманные часы со стальной пружиной.

1512 г. Экспедиция испанца Бальбоа пересекла Панамский перешеек и впервые достигла Тихого океана.

- Турция (Османь) и Иран (Сефевиды) начали долгую войну за раздел Ближнего Востока. Война идет с переменным успехом; обе стороны используют европейских инженеров.

1513 г. Во Флоренции Никколó Макиавелли написал книгу «Государь» — сравнительный трактат о монархиях античного мира, восточных деспотиях и итальянских княжествах XV—XVI вв.

- Русские войска отвоевали Смоленск у Литвы.

1516 г. Томас Мор написал повесть «Утопия» — первую в Европе книгу в жанре социальной фантастики.

1517 г. Мартин Лютер опубликовал 95 тезисов против католической иерархии и начал перевод Библии на немецкий язык. Это стало началом Реформации в Европе.

1518 г. Португальские моряки достигли Южного Китая.

1519 г. Фернандо Магеллан отплыл на запад с испанской эскадрой, чтобы достичь Индии, обогнув Америку с юга.

- Король Испании Карл I Габсбург избран императором Священной Римской империи (Карлом V).
- Альбрехт Дюрер стал придворным живописцем Карла V.

1521 г. Папа Римский осудил Лютера как еретика. Но съезд германских князей не допустил казни Лютера.

- Лютер начал пропаганду против католической церкви посредством печатных листовок, которые взбудоражили Германию.
- Эрнáндо Кóртес завоевал царство ацтеков в Мексике.

1522 г. После гибели Магеллана капитан Себастьян эль-Кано завершил первое кругосветное плавание.

- Макиавелли закончил «Рассуждения о первых книгах Тита Ливия» — политический трактат о республиках, основанный на сравнении раннего Рима и итальянских коммун XV—XVI вв.

1523 г. В Германии начались восстания протестантов: сначала рыцарский мятеж Зикингена и Гуттена, затем крестьянская война «Башмака», возглавленная Мюнцером и Рорбахом.

1525 г. | Битва при Павии между испанцами и французами стала первой победой ручного огнестрельного оружия (фитильных мушкетов). Король Франциск I попал в плен к испанцам.

1526 г. | Эмир Бабур из Ферганы (потомок Тимура) завоевал Делийский султанат и основал в Индии империю Великих Моголов.

1527 г. | Король Густав I Ваза провел в Швеции реформацию по системе Лютера.

- Теофра́ст Хóхенхайм (Парацельс) публично сжег в Базеле медицинские каноны Галена и Авиценны, призывая к развитию экспериментальной медицины и химическому синтезу новых лекарств.
- Парацельс открыл способ получения цинка.

1529 г. | Турки-османы впервые осадили Вену, но не смогли ее взять.

1530 г. | В Париже основан «Коллеж де Франс» — королевский гуманитарный университет с кафедрами восточных языков, соперник Сорбонны.

1533 г. | Франциско Писарро завоевал царство инков в Перу.

- Во Франции напечатан роман Рабле́ «Гаргантюа́ и Пантагрюэ́ль».

1534 г. | Игнацио Лойола основал орден Иисуса (иезуитов) для борьбы с новыми еретиками-реформаторами и проповеди католицизма среди язычников.

- Король Генрих VIII объявил себя главой реформированной церкви Англии и конфисковал все церковные владения.
- Гёрхард Крёмер (Меркатор) основал в Лувёне картографическую мастерскую.

1535 г. | Канцлер Англии Томас Мор казнен за несогласие с религиозным самовластием Генриха VIII.

- На математическом диспуте между Кардано и Тартальей в Падуе был впервые сформулирован алгоритм решения кубических уравнений.

1537 г. | В Падуе Андреа Везалий начал читать лекции по экспериментальной анатомии.

1541 г. | Реформатор Жан Кальвин установил теократическую диктатуру в Женеве. Среди постулатов его религии (пресвитерианства) — догмат о предопределении людей к спасению или гибели с момента их рождения.

- Франсиско Орельяна впервые проплыл по всей Амазонке.
- В Риме Микеланджело Буонарроти завершил роспись Сикстинской капеллы.

1543 г. | В Германии напечатана книга Коперника «Об обращениях небесных сфер».

- Андреа Везалий опубликовал в Брюсселе «Атлас анатомии человека»; часть рисунков «Атласа» выполнил императорский художник Тициан. Везалий впервые предположил, что мозг и нервы (а не сердце) являютсяместилищем разума.
- В опыте над собаками Мигель Сервет открыл малый круг кровообращения (через легкие).

1545 г. | Тридентский Собор католической церкви положил начало Контрреформации и утвердил канонический латинский текст Библии.

- Кардано опубликовал открытые им, Тартальей и Феррари способы решения уравнений-многочленов степеней 3 и 4.

1547 г. | Князь Иван IV впервые венчался как Московский царь — преемник императоров Византии и Рима.

- Иезуит Франсиск Ксавье начал проповедь христианства в Японии.

1551 г. | В Москве собрался первый Земский Собор (парламент), который принял новый Судебник.

1552 г. | Московские войска завоевали Казань. При этом впервые отличились стрельцы (с фитильными пищальми) и мастера минного дела во главе с Иваном Выродковым.

- Испанцы основали в Лиме (Перу) первый университет Латинской Америки.

1555 г. | Аугсбургский мир положил конец религиозным войнам в Священной Римской империи.

- В Германии издана книга Георга Бауэра (Агриколы) «О металлах» — первый учебник геологии и минералогии.

1558 г. | Царь Иван IV начал Ливонскую войну за контроль над Прибалтикой.

- Елизавета I стала королевой Англии и положила начало английскому протестантскому Возрождению.

- В Цюрихе Конрад Геснер составил «Энциклопедию живой природы», превосходящую книги Аристотеля и Теофраста по разнообразию объектов.

1559 г. В Риме опубликован первый «Индекс» книг, чтение которых запрещено католикам. В «Индекс» попали книги Лютера, Кальвина, Коперника и Макиавелли.

- В Японии началось массовое производство фитильных пищалей по европейскому образцу.

1562 г. Во Франции католики учинили первую резню гугенотов (кальвинистов). Это стало началом религиозных войн во Франции.

1565 г. Иван IV Грозный учредил Опричнину — аппарат личной власти царя, неподконтрольный земству. В Москве начались массовые казни противников самовластья Ивана Грозного. Этот конфликт положил начало Новому времени в России.

- Воевода Андрей Курбский бежал в Литву, спасаясь от опричников. Там Курбский напечатал памфлеты против царя Ивана IV — «Письма» и «Историю о великом князе Московском».
- Печатник Иван Фёдоров бежал из Москвы в Литву, опасаясь опричников.

1566 г. В Испанских Нидерландах кальвинисты начали иконоборчество, развязали гражданскую войну.

1568 г. Испанский герцог Франсиско Альба прибыл в Нидерланды с карательной армией и казнил многих национальных лидеров. Это стало началом Нидерландской революции.

1569 г. Под давлением войск Ивана Грозного Литва и Польша объединились в Речь Посполитую и остановили наступление русских в Ливонии.

1570 г. Князь Ода Нобунáга начал войну за объединение Японии.

- Иван Грозный разорил Тверь и Новгород, подавляя оппозицию граждан своему самовластью.

1571 г. Крымский хан совершил набег на Москву и сжег ее, но не сумел взять Кремль.

- В морской битве при Лепанто флот Испании и Венеции уничтожил флот турок. Это остановило натиск империи Османов в Средиземноморье.

1572 г. | При повторном набеге крымчаков на Москву они были разбиты благодаря превосходству российской артиллерии.

- В Париже произошла резня гугенотов католиками — Варфоломеевская ночь.
- В Панаме английский пират Фрэнсис Дрейк захватил испанский «серебряный флот». Это вызвало кризис в обеспечении испанских войск в Нидерландах и подорвало власть герцога Альбы.
- Принц Вильгельм I Оранский создал в Дельфте правительство республики Голландии, независимой от Испании.
- Тихо Браге описал в книге научное наблюдение сверхновой звезды — первое в Новое время.
- Рафаэль Бомбелли в учебнике «Алгебра» ввел мнимые числа аксиоматически — по примеру Диофанта, который так вводил отрицательные числа.

1575 г. | В Японии пищальники сёгуна Ода Нобунага расстреляли конницу князя Такэда. Это стало первой победой ручного огнестрельного оружия на Дальнем Востоке.

1577 г. | Тихо Браге впервые рассчитал переменное расстояние от Земли до кометы (на основе измерения параллакса кометы).

1579 г. | Семь провинций Северных Нидерландов образовали федерацию, независимую от Испании, — Утрехтскую унию во главе с принцем Вильгельмом Оранским.

1580 г. | Фрэнсис Дрейк завершил второе кругосветное путешествие, обогнув мыс Горн.

- Тихо Браге ведет многолетние наблюдения за движением планет (без телескопа) в обсерватории Ураниборг.

1580 г. | Хирург Амбруаз Паре (сподвижник Генриха Наваррского) изобрел щадящие методы лечения ран. Это положило начало антисептике и анестезии.

- Математик Франсуа Виет (сподвижник Генриха Наваррского) расшифровал испанский шифр, в котором число знаков было гораздо больше числа кодируемых букв и цифр. Это стало началом математической криптографии.

- Король Испании Филипп II обвинил Генриха Наваррского перед Папой Римским в колдовстве и ереси за успехи протестантов в криптографии. Папа не удовлетворил это ходатайство.

1581 г. Казаки под командой Ермака и на деньги купцов Строгановых начали завоевание Сибири.

1582 г. Папа Григорий XIII ввел новый (Григорианский) календарь, разработанный астрономом Клавием на основе гелиоцентрической модели Вселенной.

- Ода Нобунага завершил объединение Японии, но погиб в результате военного заговора. Его сменил новый реформатор — Тоётоми Хидэёси.

1584 г. Умер Иван Грозный. Его сменил царь Фёдор Иоаннович; правительство России возглавил реформатор Борис Годунов.

1586 г. В Нидерландах Симон Стёвин провел опыты для проверки возможности создания вечного механического двигателя и для выяснения закона движения падающих тел.

- В Италии Галилей обнаружил независимость периода колебаний маятника от его амплитуды и угадал принцип независимости движений в механике.
- В Сибири казаки основали Тобольск и Тюмень.

1589 г. В России по инициативе Бориса Годунова учреждена патриархия.

1591 г. Франсуа Виет опубликовал первый учебник алгебры и тригонометрии с буквенными обозначениями известных и неизвестных чисел.

1592 г. Тоётоми Хидэёси начал завоевание Кореи, чтобы отвлечь военное сословие Японии от внутренних распрей.

1593 г. Генрих Наваррский принял католицизм, чтобы стать законным королем Франции — Генрихом IV.

1594 г. В Шотландии Джон Непир изобрел *логарифмы* для быстрого умножения и деления многозначных чисел. Начался многолетний труд по составлению таблиц логарифмов.

1597 г. Тихо Браге стал императорским астрономом в Праге и встретился с молодым математиком Иоганном Кеплером.

- В Германии Андреа Либбау напечатал книгу «Алхимия» — первый учебник химии, свободный от мистики и содержащий точные описания экспериментов.

1598 г. Генрих IV издал Нантский эдикт, предоставив свободу вероисповедания протестантам Франции при государственной религии — католицизме.

- Борис Годунов избран царем Руси по решению Земского Собора.

1600 г. Борис Годунов подавил политическую оппозицию бояр Романовых. Все взрослые Романовы пострижены в монахи.

- Токугава Иэясу стал единовластным правителем Японии и основал династию сёгунов Токугава. Централизация Японии завершилась.
- В Англии врач Вильям Джильберт напечатал трактат о свойствах магнита. Он впервые установил различие между электрическим и магнитным притяжением тел и предположил, что земной шар является огромным магнитом.
- В Риме основана «Academia dei Lincei» — первое научное сообщество европейцев Нового времени; во главе его — Галилей.
- По поручению Браге Кеплер начал изобретать и проверять различные математические модели движения Марса, которые могли бы объяснить наблюдения Браге.

1601 г. Шекспир написал пьесу «Гамлет».

- Иоганн Кеплер стал придворным астрономом императора Рудольфа II в Праге.
- В Нидерландах и Англии основаны Ост-Индские компании.

1604 г. Кеплер наблюдал и описал еще одну сверхновую звезду.

1605 г. Борис Годунов умер. Царем в Москве стал ставленник поляков и казаков — Дмитрий Самозванец.

- В Англии напечатаны пьесы Шекспира: «Отелло», «Король Лир», «Гамлет».

1606 г. В Москве царь Дмитрий Самозванец свергнут и убит мятежниками. На Руси началось Смутное время.

- Голландец Янзон и испанец Торрес достигли Австралии, но не догадались, что это новый материк.
- В Лейдене (Нидерланды) историк Иозеф Скалигер опубликовал сводную таблицу известных событий истории Европы, Ближне-

го и Дальнего Востока, приведенных к единой хронологии (со сквозным счетом дней, а не лет).

1607 г. В Праге Кеплер наблюдал комету, впоследствии названную кометой Галлея, но не заметил, что это та же комета, которую европейские астрономы наблюдали в 1454 и 1531 гг.

1609 г. Испания заключила перемирие с республикой Нидерландов, признав ее независимость.

- Кеплер открыл два закона движения планет вокруг Солнца: закон эллипсов и закон равных площадей.

1610 г. Галилей впервые применил линзовый телескоп (изобретенный голландцами) в астрономических наблюдениях.

1612 г. Земское ополчение Минина и Пожарского освободило Москву от поляков. Смутное время на Руси закончилось.

1613 г. Земский Собор избрал царем Руси Михаила Романова.

1614 г. Непир опубликовал первые таблицы натуральных логарифмов (включая логарифмы синусов и тангенсов).

- С помощью телескопа Галилей открыл четыре спутника Юпитера, различил отдельные звезды в Млечном Пути, наблюдал фазы Венеры и Марса, доказал существование гор на Луне, измерил период обращения Солнца вокруг его оси (по солнечным пятнам) и заметил кольцо вокруг Сатурна (но не понял его строение).
- В Нидерландах и Германии появились первые газеты.

1618 г. Началась Тридцатилетняя война между протестантами и католиками в Священной Римской империи.

1619 г. Патриарх Филарет (Фёдор Романов) возглавил правительство в Москве.

- Кеплер вывел третий закон движения планет: связь между периодами обращения и длинами больших полуосей орбит. Теперь для определения размеров Солнечной системы не хватает хотя бы одного точно измеренного расстояния между планетами.

1620 г. Переселенцы-пуритане приплыли в Северную Америку из Англии и основали колонию Плимут Рок.

- Казаки продолжают освоение Сибири посуху, продвигаясь поперек течения главных рек. Плавание по Северному океану запрещено московским правительством, чтобы западные морехо-

ды, узнав этот путь, не перехватили торговлю мехами, используя превосходство своего флота.

- В Англии Фрэнсис Бэкон напечатал «Новый Органон» — программу индуктивного открытия законов физики путем проверки гипотез по результатам наблюдений и экспериментов.
- Галилей построил первый воздушный термометр.

1621 г. | Вокруг Бэкона в Англии сложился кружок естествоиспытателей — «Новая Атлантида» (прообраз Королевского общества). В их числе — врач Вильям Гарвей.

- Ян ван Гельмонт ввел понятие «га́зы» и изучил свойства углекислоты.
- Виллеброрд Снелл установил закон синусов для преломленного луча света.
- Рене Декарт открыл основы аналитической геометрии.

1622 г. | Вильям Оутред изобрел логарифмическую линейку для быстрых расчетов.

1624 г. | Кардинал Ришелье стал главой правительства Франции.

- В Париже Марен Мерсенн создал «реферативный центр», письменно извещая всех известных математиков и физиков Европы об открытиях, сделанных другими учеными.
- Генри Бригс опубликовал удобные таблицы десятичных логарифмов.
- Кеплер предложил измерить расстояния между Землей и планетами, одновременно наблюдая прохождение Венеры или Меркурия по диску Солнца из разных точек Земли.
- В книге «Новая стереометрия винных бочек» Кеплер изложил технику вычисления определенных интегралов от простых функций.
- Галилей высказал гипотезу о независимости ускорения падающих тел от их масс. Но проверить эту гипотезу Галилей не смог, поскольку не сумел создать вакуум в лаборатории.

1627 г. | Кеплер опубликовал исследование о формах снежинок и о законах роста кристаллов.

1628 г. | Гарвей опубликовал свои открытия о большом круге кровообращения в организме человека. Его доказательства основаны на механическом измерении объемов циркулирующей крови:

наблюдать замкнутую систему капилляров без микроскопа Гарвей не мог.

- Декарт поселился в Голландии и занялся оформлением своих идей в физике, математике и логике. О результатах своих исследований он сообщает в письмах Мерсенну в Париж.

1630 г. | Король Швеции Густав II Адольф вмешался в ход Тридцатилетней войны — в союзе с немецкими протестантами, Францией и Россией. Это превратило борьбу религиозных сообществ Европы в соперничество национальных держав.

1631 г. | Пьер Гассенди впервые наблюдал прохождение Меркурия по диску Солнца.

- Годефруа Венделин, повторив опыт Аристарха, измерил расстояние от Земли до Солнца с ошибкой, меньшей 30 %.

1632 г. | Галилей опубликовал «Диалог о двух системах мира» — первый популярный учебник новой физики.

- Юрист Пьер Ферма́ в Тулузе начал исследования по теории чисел, алгебре и аналитической геометрии. Он сообщает о своих результатах в письмах Мерсенну в Париж.
- Густав II Адольф погиб в бою с католиками-имперцами, не успев стать германским императором. Началась борьба между Францией и Испанией за передел зон влияния в Европе.

1633 г. | Церковники вынудили Галилея публично отречься от «ложного» учения Коперника и прекратить преподавание.

1635 г. | Ришелье основал в Париже Французскую академию (языка и литературы).

1636 г. | Ян ван Гельмонт доказал в опыте с ивой, что растения черпают питание не только из минералов почвы, но также из воды либо из воздуха. Однако отличить «водный» источник от «воздушного» ученый не смог.

- Изучая книгу Диофанта «Арифметика», Ферма́ открыл основные факты алгебраической теории чисел, включая «малую» и «большую» теоремы Ферма́.

1637 г. | Декарт изложил в книге «Геометрия» метод числовых координат на плоскости. Он впервые отождествил точку на прямой с числом, вектор — с набором чисел, кривую — с ее уравнением, а также рассмотрел график функции, которая задана формулой.

- Во Франции Гассенди измерил скорость звука в воздухе и установил, что она не зависит от частоты звука.
- Сибирские казаки достигли Байкала и Лены.

1639 г. | В Англии Хоррокс впервые наблюдал прохождение Венеры по диску Солнца. Он доказал, что Луна движется вокруг Земли по эллипсу, а не по окружности, и угадал, что Солнце искажает своим притяжением движение Луны.

1640 г. | В Англии началась революция. Конфликт между королем Карлом I и парламентом перерос в гражданскую войну.

1642 г. | Умер кардинал Ришелье. Правительство Франции возглавил кардинал Мазарини.

- В Париже Блез Паскаль построил первый механический арифмометр для сложения и вычитания многозначных чисел.
- Родился Исаак Ньютон.

1643 г. | При Рокруа французская армия разбила испанцев. Эта победа положила конец успехам империи Габсбургов и завершила Тридцатилетнюю войну.

- Эванджелиста Торричелли построил первый ртутный барометр и вычислил массу атмосферы.

1644 г. | Оливер Кромвель создал «Новую модель» — профессиональную армию английских протестантов (сторонников парламента).

- Священник и математик Джон Валлис работает шифровальщиком в штабе армии английских протестантов.
- Маньчжуры завершили покорение Китая, уничтожив династию Мин, и основали династию Цин.
- Сибирские казаки достигли Амура и Охотского моря. Столкновение казаков с маньчжурами на Амуре положило предел экспансии России в Сибирь.

1646 г. | Карл I побежден и взят в плен войсками Кромвеля.

- В Лондоне начались регулярные встречи кружка математиков и физиков — будущих основателей Королевского общества. Среди них — Валлис, Бойль, Гук, Рен, Барроу.

1647 г. | В Германии Ян Гевелий опубликовал первый атлас Луны.

1648 г. | Тридцатилетняя война закончилась Вестфальским миром. Большая часть Германии (Пруссия, Саксония, Бавария) вышла

из состава империи Габсбургов. Франция стала гегемоном Западной Европы.

- Во Франции началась Фронда — цепь восстаний горожан и знати против королевского абсолютизма.
- Украинские казаки восстали против власти поляков под руководством Богдана Хмельницкого.
- Сибирские казаки Попов и Дежнёв проплыли из устья Колымы вокруг Чукотки и достигли Камчатки, не заметив Аляску.

1649 г. | Король Карл I казнен по приговору английского парламента как изменник нации. Англия стала парламентской республикой, палата лордов распущена.

- В России принято Соборное Уложение — первая конституция феодальной монархии, оформившая крепостное право.

1651 г. | В Магдебурге Отто Гёрике впервые получил вакуум с помощью воздушного насоса и измерил силу атмосферного давления в публичных опытах («магдебургские полушария»).

- Гёрике создал первый электроконденсатор, заряжая шар из селеры с помощью трения, и обнаружил две разновидности электрических зарядов.
- Джованни Риччоли заметил, что Мицар — двойная звезда, компоненты которой обращаются вокруг общего центра.
- Во Франции издана книга Гоббса «Левиафан», в которой государство и церковь уподоблены живым организмам, подчиняющим себе людей.

1652 г. | Между республиками Англии и Нидерландов началась война за господство на море. Англия побеждает чаще.

1653 г. | Кромвель стал лордом-протектором Англии. Опираясь на революционную армию, он попытался основать военную монархию, но безуспешно (солдаты предпочитают теократическую республику).

- Россия поддержала восстание Богдана Хмельницкого и присоединила к себе Смоленск и Левобережную Украину с Киевом.
- Реформа патриарха Никона положила начало расколу в русской православной церкви.

1656 г. | Джон Валлис опубликовал «Арифметику бесконечных», в которой выведена первая аналитическая формула числа π , а интеграл определен как предел последовательности чисел.

- В Париже Гюйгенс начал исследовать законы колебаний маятника и построил первые часы с маятником.
- Ферма́, Паскаль и Гюйгенс разрабатывают теорию вероятностей.

1658 г. | Умер Оливер Кромвель. В Англии идет политическая борьба между парламентом и военной верхушкой.

- Роберт Бойль и Роберт Гук построили вакуумный насос и провели первые опыты с вакуумом в прозрачной трубке. Они доказали, что вакуум не проводит звук, но проводит электрическое и магнитное притяжение, что пушинка и дробинка в вакууме падают синхронно.

1660 г. | В Англии восстановлена парламентская монархия Стюартов, трон занял Карл II.

- Исаак Ньютон стал студентом Тринити-колледжа в Кембридже, он слушает лекции Барроу по математике.
- Ньютон сдал первый экзамен по геометрии — не «по Евклиду» (как принято), а пользуясь аналитическим подходом Декарта.

1662 г. | В Лондоне основано Королевское общество изучения наук, его девиз: «Nullius in Verba». Среди его учредителей — Бойль, Гук, Валлис, Барроу, Рен. Первым президентом Общества избран математик Броункер, первым иностранным членом — Гюйгенс.

- Умер кардинал Мазарини. Главой правительства Франции (при короле Луи XIV) стал экономист Жан Батист Кольбер.
- Бойль установил закон сжатия газов и предположил, что любой газ состоит из быстро движущихся атомов, разделенных пустотой.
- В книге «Химик-скептик» Бойль изложил программу поисков новых элементов в химических реакциях и ввел измеримые понятия: кислое, основное или нейтральное вещество.

1663 г. | Врач Марчелло Мальпиги впервые наблюдал в микроскоп капилляры в мышцах и этим подтвердил учение Гарвея о замкнутом цикле кровообращения.

1665 г. Гюйгенс выяснил форму кольца Сатурна и предположил, что оно состоит из пыли и камней.

- Гюйгенс впервые оценил расстояние до Сириуса, сравнив его яркость с яркостью Солнца.

1666 г. В Париже основана Академия наук (на базе королевской библиотеки). Ее организатором стал астроном Пикар, учредителем — министр Кольбер, первым президентом — Гюйгенс. Академия начала издавать первый научный журнал.

- В Болонье Джованни Кассини измерил периоды обращения Марса и Юпитера вокруг их осей.

1667 г. Ньютон создал основы исчисления «флюксий» и «флюент» (производных и интегралов), включая замену гладкой функции степенным рядом, решение дифференциальных уравнений и связь между операциями дифференцирования и интегрирования.

- Ньютон и Гук вывели закон всемирного тяготения (формулу обратных квадратов) из законов Кеплера.
- Поволжские казаки во главе со Степаном Разиным начали морские походы в Персию, стремясь создать «казачью республику» рядом с Московским царством.

1668 г. Джон Валлис открыл закон сохранения импульса в упругих столкновениях тел.

- Кассини составил таблицы движения спутников Юпитера (для проверки законов Кеплера).
- Ньютон построил первый телескоп с параболическим зеркалом и за это избран членом Королевского общества.

1669 г. Кассини переехал в Париж и стал директором королевской обсерватории.

- Барроу передал Ньютону кафедру математики в Кембридже, а сам занялся богословием.
- В Германии Готфрид Лейбниц построил механический арифмометр, выполняющий все действия арифметики.
- В Германии Хенниг Бранд впервые выделил фосфор.

1670 г. Казацкое восстание Степана Разина переросло в крестьянскую войну.

1671 г. Восстание Разина подавлено «войсками иноземного строя» (драгунами и мушкетерами).

- Жан Пикар точно измерил радиус земного шара, заменив в опыте Эратосфена Солнце звездой.
- Кассини и Рише измерили расстояние от Земли до Солнца, синхронно наблюдая Марс из Парижа и Гвианы. В результате им впервые удалось рассчитать размеры Солнечной системы.
- Гюйгенс составил и решил дифференциальное уравнение колебаний маятника — первое уравнение математической физики. Он также обнаружил сохранение кинетической энергии в упругих соударениях тел.
- Лейбниц приехал в Париж с дипломатической миссией и начал учиться математике у Гюйгенса.

1673 г. Опыт Кассини и Рише с маятниковыми часами подтвердил вывод Ньютона о том, что земной шар сплюснут у полюсов и расширен у экватора.

- Лейбниц посетил Лондон, но не смог встретиться с Ньютоном и решил сам найти доказательства всех новых фактов «математического анализа».
- Антон Лёвенгук сообщил Королевскому обществу о своих первых открытиях о строении живых тканей и клеток, полученных с помощью микроскопа.

1676 г. Олаф Рёмер рассчитал скорость света, используя таблицу движения спутников Юпитера.

- Эдмунд Галлей построил на острове Святой Елены обсерваторию, первую в южном полушарии Земли.

1678 г. Начало реформ в России: введено подворное налогообложение крестьян вместо круговой поруки.

1682 г. Земский Собор отменил местничество в России.

- Царевичи Иван и Пётр объявлены царями Руси; царевна Софья — глава правительства, Василий Голицын — первый министр.
- В Москве произошел первый Стрелецкий бунт против реформ.
- Галлей провел наблюдение кометы (которая вскоре будет названа его именем) и доказал, что именно ее прежде наблюдали Кеплер, Коперник и Мюллер.

1683 г. | Вторая (и последняя) осада Вены турками завершилась неудачей.

- Во Франции умер Кольбер; король Луи XIV стал единовластным правителем, Гюйгенс вернулся в Нидерланды.

1684 г. | В Германии напечатана первая статья Лейбница об исчислении дифференциалов и интегралов. Началось соперничество между Ньютоном и Лейбницем.

1685 г. | Луи XIV отменил Нантский эдикт о веротерпимости. Началась массовая эмиграция гугенотов из Франции в Голландию и Англию.

1687 г. | Ньютон опубликовал книгу «Математические принципы натурфилософии» — первое изложение теоретической физики, включающее механику и гравитацию. Главный тезис Ньютона: зная силы, действующие между природными телами, можно рассчитать движения тел — и, наоборот, по движениям тел можно узнать силы.

- В Базеле братья Якоб и Иоганн Бернулли организовали исследовательский кружок по новой математике — математическому анализу, который они развивают по схеме Лейбница.
- В Москве основана Славяно-греко-латинская академия.

1688 г. | Революционная эпоха в Англии завершилась изгнанием династии Стюартов. На трон приглашен принц Вильгельм III Оранский — президент республики Нидерландов.

1690 г. | Гюйгенс изложил в «Трактате о свете» волновую теорию света.

1693 г. | Лейбниц открыл закон сохранения полной энергии в механике.

1696 г. | Решая задачу о брахистохроне, Ньютон и братья Бернулли заложили основы вариационного исчисления.

- Франсуа Лопиталь составил на основе лекций Иоганна Бернулли первый учебник — «Анализ бесконечно малых». Этот учебник помог континентальным европейцам освоить математический анализ по системе Лейбница.
- Принц Евгений Савойский во главе австрийской армии одержал первую победу над турками в линейном полевом сражении.

1697 г. Царь Пётр отправился в Западную Европу (в Голландию и Англию) в составе Великого посольства.

1700 г. Лейбниц основал в Берлине Прусскую академию наук.

- Ньютон и Лейбниц избраны членами Парижской академии наук.
- Царь Пётр проиграл королю Карлу XII битву при Нарве, основал в Москве Навигацкую школу и ввел в России новый календарь.

Магазин «Математическая книга»

Книги издательства МЦНМО можно приобрести в магазине «Математическая книга» в Москве по адресу: Б. Власьевский пер., д. 11; тел. (499) 241-72-85; biblio.mccme.ru

Книга — почтой: <http://biblio.mccme.ru/shop/order>

Книги в электронном виде: <http://www.litres.ru/mcnmo/>

Мы сотрудничаем с интернет-магазинами

- Книготорговая компания «Абрис»; тел. (495) 229-67-59, (812) 327-04-50; www.umlit.ru, www.textbook.ru, abris.pf
- Интернет-магазин «Книга.ру»; тел. (495) 744-09-09; www.kniga.ru

Наши партнеры в Москве и Подмосковьё

- Московский Дом Книги и его филиалы (работает интернет-магазин); тел. (495) 789-35-91; www.mdk-arbat.ru
- Магазин «Молодая Гвардия» (работает интернет-магазин): ул. Б. Полянка, д. 28; тел. (499) 238-50-01, (495) 780-33-70; www.bookmg.ru
- Магазин «Библио-Глобус» (работает интернет-магазин): ул. Мясницкая, д. 6/3, стр. 1; тел. (495) 781-19-00; www.biblio-globus.ru
- Спорткомплекс «Олимпийский», 5-й этаж, точка 62; тел. (903) 970-34-46
- Сеть киосков «Аргумент» в МГУ; тел. (495) 939-21-76, (495) 939-22-06; www.arg.ru
- Сеть магазинов «Мир школьника» (работает интернет-магазин); тел. (495) 715-31-36, (495) 715-59-63, (499) 182-67-07, (499) 179-57-17; www.uchebnik.com
- Сеть магазинов «Шаг к пятёрке»; тел. (495) 728-33-09, (495) 346-00-10; www.shkolkniga.ru
- Издательская группа URSS, Нахимовский проспект, д. 56, Выставочный зал «Науку — Всем», тел. (499) 724-25-45, www.urss.ru
- Книжный магазин издательского дома «Интеллект» в г. Долгопрудный: МФТИ (новый корпус); тел. (495) 408-73-55

Наши партнеры в Санкт-Петербурге

- Санкт-Петербургский Дом книги: Невский пр-т, д. 62; тел. (812) 314-58-88
- Магазин «Мир науки и медицины»: Литейный пр-т, д. 64; тел. (812) 273-50-12
- Магазин «Новая техническая книга»: Измайловский пр-т, д. 29; тел. (812) 251-41-10
- Информационно-книготорговый центр «Академическая литература»: Васильевский остров, Менделеевская линия, д. 5
- Киоск в здании физического факультета СПбГУ в Петергофе; тел. (812) 328-96-91, (812) 329-24-70, (812) 329-24-71
- Издательство «Петроглиф»: Фарфоровская, 18, к. 1; тел. (812) 560-05-98, (812) 943-80-76; k_i_@bk.ru, k_i_@petroglyph.ru
- Сеть магазинов «Учебная литература»; тел. (812) 746-82-42, тел. (812) 764-94-88, тел. (812) 235-73-88 (доб. 223)

Наши партнеры в Челябинске

- Магазин «Библио-Глобус», ул. Молдавская, д. 16, www.biblio-globus.ru

Наши партнеры в Украине

- Александр Елисаветский. Рассылка книг наложенным платежом по Украине: тел. 067-136-37-35; df-al-el@bk.ru

ISBN 978-5-4439-1170-0



9 785443 911700 >