Александр Петрович Никонов
Физика на пальцах. Для детей и родителей, которые хотят объяснять детям

Библиотека вундеркинда –

Текст предоставлен правообладателем
http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=18019754
«Никонов, Александр Петрович Физика на пальцах. Для детей и родителей, которые

хотят объяснять детям»: FCN; Москва; 2016
ISBN 978-5-17-092649-7

Аннотация

Понимаете ли вы теорию Стивена Хокинга и теорию относительности?
Знаете ли и сможете ли доступно объяснить основы квантовой физики?
Расскажете об открытии Марии Склодовской-Кюри?
Хотите понять самую модную науку XXI века?
Неважно, учитесь ли вы в школе или уже давно закончили ее. Если вы любознательный человек, то эта книга ДЛЯ ВАС!
САМАЯ ГЛАВНАЯ НАУКА – ЭТО ФИЗИКА! Так начинает эту книгу известный публицист, популяризатор теоретической науки Александр Никонов.

Александр Никонов
Физика на пальцах. Для детей и родителей, которые хотят объяснять детям

© Александр Никонов, текст
© Сергей Корсун, иллюстрации
© ООО «Издательство АСТ»

От доброго автора

У моего знакомого есть сын лет шести. И вот однажды папа, пребывая в благостном расположении духа, ему и говорит: «Ну, сынок, спроси меня что-нибудь, а я тебе отвечу!»

– Я-то по наивности думал, – рассказывал мне потом огорченный папа, – что он спросит меня, отчего ветер дует или еще какую-то ерунду, и я ему триумфально отвечу. Но он задал три вопроса: «Откуда взялся мир? Откуда взялась наша планета? Откуда взялись на ней люди?» И я понял, что моих знаний просто не хватит для ответа ни на один из этих вопросов.

Так вот, чтобы папы не подрывались, как на минах, на таких вопросах, а дети не ввергали своих родителей в подобный конфуз, я и решил написать серию книг, популярно отвечающих на подобные вопросы. Книга, которую вы держите в руках, – о физике.

Самая главная наука – это физика, друзья мои!

На физике, как на фундаменте, стоят все прочие науки, образуя своеобразную пирамидку наук – химия, биология, психология и пр. Потому что физика изучает основу основ – материю, из которой все в этом мире сделано.

А как называется ось этой пирамидки, на которую насаживаются разноцветные кругляшки наук?

Хороший вопрос! Ось пирамидки называется эволюцией. И блинчики наук на эту ось нанизываются по степени усложнения вещества, которое они изучают, по мере продвижения от мертвой материи к мозгу и разуму. Внизу – физика. Выше – химия. Потом – органическая химия. Затем – биохимия. Потом биология. И заканчивается все науками, изучающими высшую нервную деятельность – нейрофизиология, психология… Но в базе всего лежит физика, так как все сделано из материи, а физика изучает именно ее. Потому я и назвал физику самой главной наукой.

При этом и самая страшная наука – тоже физика! Физику многие боятся, как огня, считая трудной. Однако понимание зависит от способа изложения. Я очень жалею, что в моем детстве не было такой книжки, как эта: если бы я ее прочитал, ходил бы в школу с

радостью и интересом, а не отбывать 10-летний срок.

Думаю, мою книгу будут читать не столько взрослые, сколько дети, поэтому по мере изложения я буду обращаться именно к ним, так как дети важнее взрослых. Но эту книгу втайне рекомендуется прочесть и взрослым, чтобы не попасть впросак и не спасовать при неудобных вопросах резко поумневшего ребенка.

Моя книга поможет детям не бояться физики и лучше успевать по этому предмету, а взрослым вернет в голову то, что туда недоложили в детстве из-за активного сопротивления. Кроме того, взрослым эта книга позволит по-иному взглянуть на мир. Впрочем, этой свойство всех моих книг.

Поехали?..

Часть I
Из чего же, из чего же, из чего же…

Что такое свет? Почему не всякая радиация вредна? Почему небо синее, а закат красный? Из чего сделана молния и что такое огонь? Почему далекие предметы кажутся нам маленькими, а при сближении словно вырастают в размерах? Отчего светят звезды? Что такое время? Чем порядок отличается от беспорядка? Из чего сделано тепло? Почему, если предоставить какую-нибудь вещь самой себе, она когда-нибудь в конце концов разрушится? Что такое тепловая смерть?.. На все эти вопросы отвечает физика.

Обычно изучать физику начинают с механики. Видимо, потому, что так исторически сложилось, ведь человека окружает мир твердых тел, с них он и начал путь познания, набивая по дороге знаний шишки о те самые твердые предметы.

Но мы с вами начнем с элементарных частиц. То есть с азов – с тех мельчайших частичек вещества, из которого это вещество и складывается. Если вы не против, конечно…

Глава 1
Откуда взялись атомы и зачем они нужны?

Атомы придумали древние греки. Так уж вышло, никто не виноват.

Впервые мысль о том, будто все вещество состоит из мельчайших неделимых частичек, выдвинули именно жители Древней Греции. И я вам по секрету скажу, большого ума для рождения этой идеи не требовалось! Древняя Греция – детство человечества. А любой ребенок в состоянии задуматься:

что будет, если я начну вещество делить все дальше и дальше?

Ну, например, кусочек сахара или мела? Неужели этот процесс будет происходить до бесконечности? Если до бесконечности, то есть до беспредельно ничтожных размеров, то фактически получается, что все вещество состоит из пустоты? Или все-таки когда-то я доберусь до самого маленького неделимого элемента вещества?

Но что значит неделимого? А если по нему ударить хорошенечко? Может, он и разделится, но уже не будет обладать свойствами указанного вещества – вот что имеется в виду.

? Кстати, а что такое свойства? И какие они бывают?

Веществ разных в мире много. Есть камень, стекло, вода, железо, дерево, пластмасса… И у всех веществ разные свойства – твердость, цвет, плотность, хрупкость, способность проводить электрический ток, нагреваться и так далее.

Дерево плавает, а железо тонет. Дерево горит, а железо нет. Железо проводит электричество, а дерево нет. У железа высокая теплопроводность, попробуйте сунуть гвоздь в огонь – через очень короткое время он нагреется так, что его станет невозможно держать в руке. А вот горящую деревянную палочку (например, спичку) можно держать в руках долго – до тех пор, пока огонь не доберется до пальцев. Потому что у дерева теплопроводность очень низкая, очень плохо оно проводит тепло. А железо и все прочие металлы – отлично!

А кроме теплопроводности есть еще такое свойство, как теплоемкость. Это способность вещества накапливать тепло. Возьмите тонну воду и тонну золота и нагрейте градусов до 50 °С. Вода потом будет еще долго-долго оставаться теплой, а золото очень быстро остынет. Не запасает оно тепло. Низкая у золота тепловая емкость.

Зато золото гораздо плотнее воды! Представьте два одинаковых по размеру кубика из золота и воды… Не знаете, как сделать кубик из воды? Ну спросите папу, он поможет – разольет воду в специальную форму, похожую на вафлю, сунет в морозилку, потом вытащит замороженную воду в виде кубиков, один кубик отдаст вам, погладив по голове, а остальные бросит себе в бокал с алкоголем. После того, как папа станет добрый, попросите у него еще такой же по размеру кубик золота. И когда папа достанет его из кармана, возьмите два полученных кубика и быстро бегите взвешивать, пока ледяной кубик совсем не растаял.

Кстати, вот еще одно характерное свойство вещества – температура замерзания.

Результат взвешивания покажет, что золотой кубик примерно в 20 раз тяжелее ледяного. 20 ледяных кубиков уравновесили бы на весах один золотой. Потому что золото плотнее. Физики говорят так: у золота выше плотность. Плотность – это количество вещества в одном объеме – например, в одном стакане, кубическом сантиметре или одном кубическом метре. Один кубический метр воды весит одну тонну, а кубометр золота чуть ли не 20 тонн. Не всякий поднимет!

И раз уж пошла такая пьянка (у папы), я вам больше скажу, друзья мои! Зря мы соблазнили папу и замораживали воду, переводя ее в твердое состояние. Потому что плотность твердой воды (льда) отличается от плотности жидкой воды. Плотность льда чуть меньше, чем плотность воды, поэтому твердая вода в жидкой воде плавает словно дерево – вы сами сто раз видели, как лед плывет по реке. Дерево плавает в воде по той же причине – его плотность меньше плотности воды.

Одно и то же вещество может находиться в разных состояниях.

Как известно любому мальчику, дяденьке и пенсионеру, одно и то же вещество – вода, например, – может находиться в разных состояниях. Вода может быть жидкой. Такой она бывает, когда тепло. Вода может быть твердой, когда холодно. И она может быть газообразной или, попросту говоря, газом. Газообразная вода называется паром. Если воду налить в кастрюлю и начать нагревать, в конце концов она вся выкипит. То есть превратится в водяной пар. Ну и черт с ней! Не жалко, еще из крана нальем.

У каждого вещества своя температура замерзания (она же температура плавления). Температура замерзания/ плавления воды – ноль градусов по Цельсию. Температура кипения – 100 градусов. Как же так удивительно получилось? Что за чудесное совпадение? Почему так ровно – ноль и сто? Эта вода нарочно что ли так себя ведет для нашего удобства? Неужели сама природа об этом позаботилась?

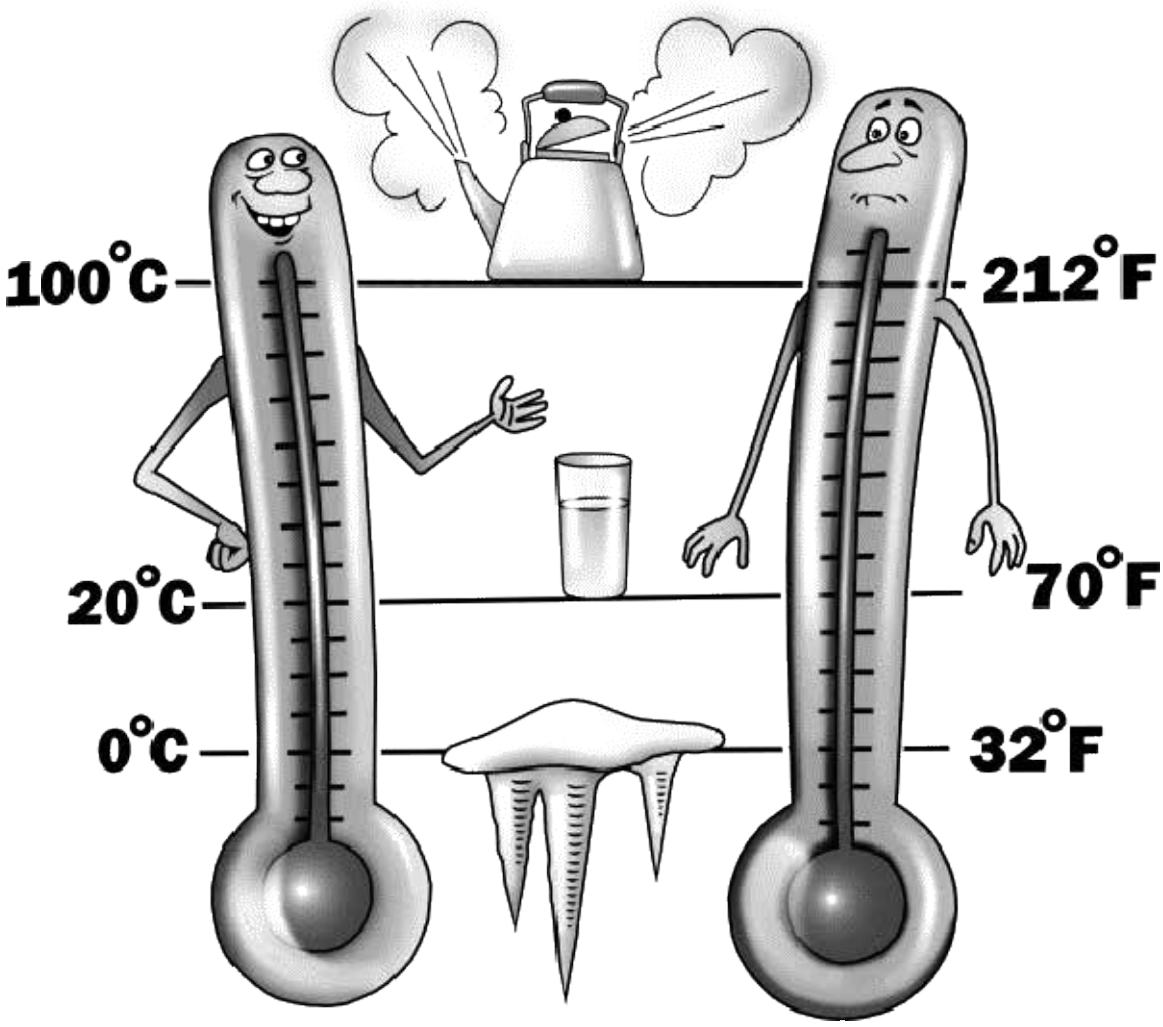
Нет, конечно. Просто тот мужик по имени Цельсий, который придумал градусную шкалу, нарочно принял за ноль градусов температуру замерзания, а за сотню – температуру кипения воды. Оттого нам теперь и удобно. А вот другой дядька по имени Фаренгейт придумал другую температурную шкалу, крайне неудобную – по Фаренгейту вода замерзает

при +32°, а кипит при +212°. Это отвратительно! Шкалой Фаренгейта теперь пользуются в Америке. Все у них не как у людей…

Но как же он так опростоволосился, этот Фаренгейт? Я вам отвечу. Вместо воды он замораживал смесь воды, нашатыря и соли. А за сто градусов принял… думаете, температуру кипения этой смеси? Нет! Температуру человеческого тела. Причем, что интересно, в качестве тела он использовал собственную жену. У которой в то время температура была повышенная, поскольку она болела. Очень непростой был парень этот Фаренгейт!

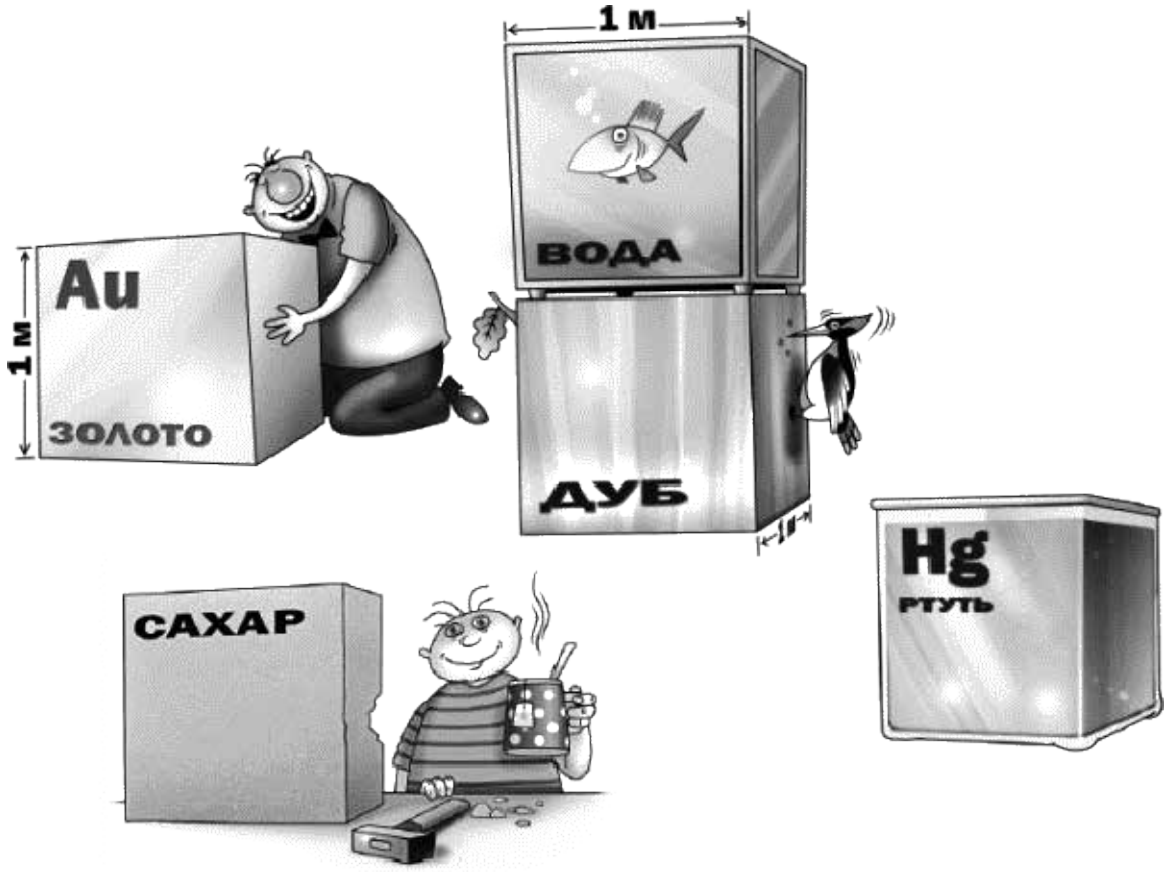
Вообще температурных шкал довольно много, и все они названы в честь физиков, которые их придумали – шкала Реомюра, шкала Кельвина, шкала Делиля, шкала Ранкина… Но мы с вами в быту пользуемся только шкалой Цельсия. Она очень удобна. Летом температура имени Цельсия плюсовая, зимой минусовая, все прекрасно и привычно. На улице минус двадцать? Мороз! Плюс тридцать? Жара!.. А под мышкой? У здорового человека 36,6 градуса. Выше – заболел. Ниже – помер.

В общем, самых разных свойств у разных веществ целое море. Веществ же на свете еще больше. И каждое вещество характеризуется своим набором свойств.



? Два термометра – Цельсия и Фаренгейта. Какой вам больше нравится?

Одинаковые кубики разных веществ весят по-разному.



золото – 19300 кг, ртуть – 13600 кг, свинец – 11300 кг, сталь – 7800 кг, алюминий – 2700 кг, стекло – 2500 кг, сахар – 1600 кг, вода – 1000 кг, лед – 900 кг, дуб – 900 кг, подсолнечное масло – 900 кг, сосна – 400 кг, воздух – 1,3 кг, водяной пар – 600 г, водород – 90 г

Теперь дальше следите за мыслью древних греков – как они додумались до атомов.

Килограмм одного и того же вещества имеет такие же свойства, как и полкило, что понятно: и большое оконное стекло пропускает свет, и маленькое обладает свойством прозрачности. И короткий кусок медного провода пропускает электрический ток, и длинный электропроводен. И маленький кусок дерева плавает в воде, и большой. От размеров свойства не зависят.

Но действительно ли не зависят?

Есть ли предельный по малости кусочек вещества, который еще обладает свойствами этого вещества, а после дробления – уже не обладает, и мы получим нечто другое?

Есть, решили греки и назвали его атомом! Мне кажется, к этому соображению их привели следующие рассуждения.

Вот смотрите… Из двух разных веществ можно сделать третье – с совершенно другими свойствами, которыми не обладают первые два. Ну, например, можно в расплавленную медь добавить другой металл – олово. И получится сплав под названием бронза, который обладает особой твердостью, которой ни медь, ни олово по отдельности не обладают. Бронза тверже меди и тверже олова. Значит, если мы будем долго делить бронзу на части, в конце концов останется самая малая частичка бронзы, которая уже при делении распадется на медь и

олово. И бронзы уже не будет.

Логично?

Но отсюда один шаг до следующей идеи – а может, все вещества в мире тоже состоят из более простых элементов? И быть может, элементов этих не так уж много? Как из цветной мозаики или нескольких красок можно сделать бесконечное множество картин, как из малого числа букв можно сделать сотни тысяч слов и миллионы разных книг, так и из ограниченного числа этих элементов складывается бесконечно множество веществ?

Богатая идея.

Древняя Греция – это, как я уже сказал, детство человечества. Никаких наук в нашем понимании этого слова тогда еще не было. Греки практически ничего не знали о строении вещества, но зато много фантазировали, пытаясь силой мысли проникнуть в самую суть вещей. И додумались до следующей картины мира…

Они решили, что все огромное разнообразие самых разных веществ в мире на самом деле состоит их четырех простых элементов – земли, воды, огня и воздуха. Милые смешные греки! Они, конечно, ошибались, но их ошибка была гениальной. Греки сделали большой шаг вперед – отказались от мифологических, религиозных объяснений и применили к познанию мира научный принцип анализа, начали говорить о взаимопревращении веществ. Направление их мысли оказалось верным, и в дальнейшем наука подтвердила: действительно все многообразие мира складывается из простейших составляющих. Эти «простейшие вещества» так и назвали «элементарными» или просто «химическими элементами».

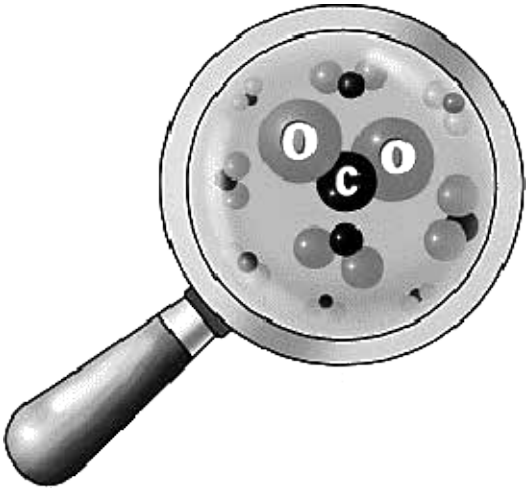
?Сколько же существует элементарных веществ?

Не буду вас томить, отвечу сразу – около сотни. Не так уж мало. Многие из них вы знаете. Золото, например. Железо. Свинец. Вообще, все известные металлы – это химические элементы, то есть простейшие вещества. И многие газы.

А сталь? Сталь – это сплав двух элементов – железа и углерода. В чистом виде железо нигде не используется, поскольку оно мягкое. Углерод же вы прекрасно себе представляете, он является основой угля (поэтому так и называется – «углерод», то есть «рождающий уголь»). Соединение железа и углерода дает нам сталь или чугун (в зависимости от количества добавленного в железо углерода, если мало углерода – сталь, много – чугун).

А воздух? Воздух, которым мы дышим, тоже «сплав», точнее, смесь разных газов, среди которых кислород, азот и углекислый газ.

Кислород и азот – химические элементы, то есть простейшие вещества. А вот углекислый газ – сложное вещество, состоящее из двух простых элементов – кислорода и углерода. Одна частица углекислого газа состоит из одной частицы углерода и двух частиц кислорода. На рисунке это прекрасно видно.

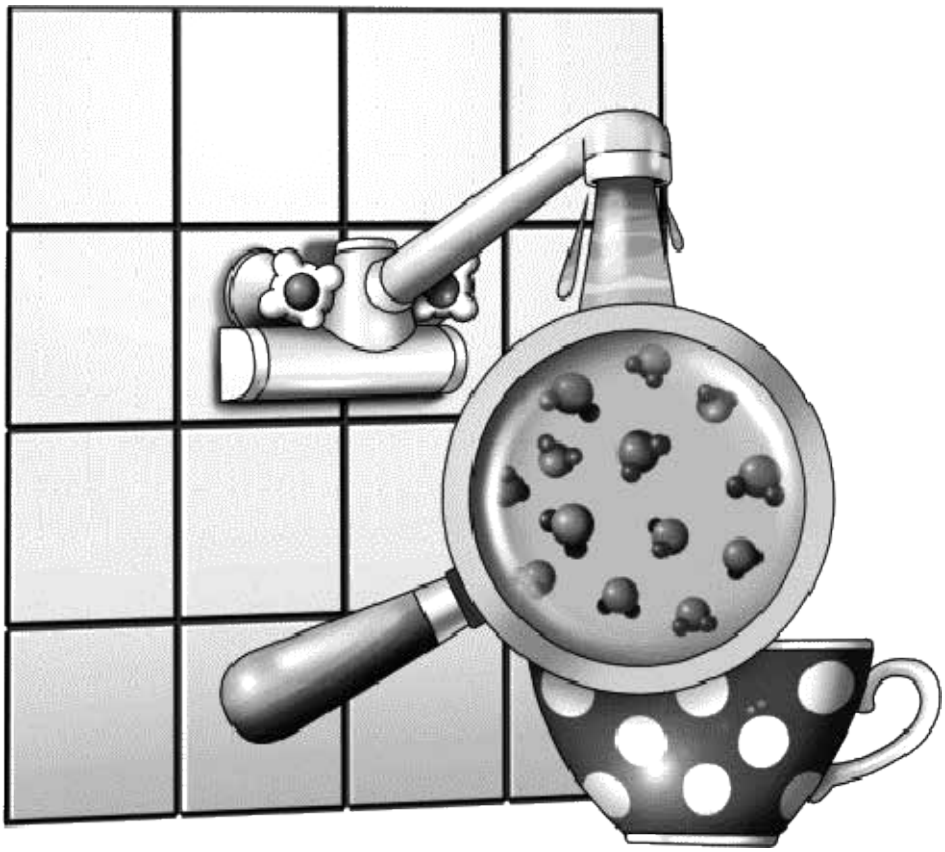


Химики записывают углекислый газ короткой формулой – CO_2. Понять формулу немудрено: один атом углерода (С) и два атома кислорода (О).

? А вода – составное вещество или элементарное?

Вода вещество составное. Она сделана из двух элементарных газов – водорода и кислорода: одна частица воды состоит из двух частиц водорода и одной частицы кислорода. Самая маленькая частица воды называется моле́кулой. И не только воды, кстати. Самая маленькая частица любого сложного вещества называется моле́кулой. А самая маленькая частичка элементарного вещества называется атомом. Молекулы строятся из атомов.

Так, молекула воды сделана из двух атомов водорода и одного атома кислорода. А водород так назвали именно потому, что он рождает воду.



Молекула воды – H_2O, то есть два водорода (Н) и один кислород (О).

Воду можно дробить на капельки не бесконечно – в конце концов у нас останется самая маленькая частица воды – молекула. И если разделить молекулу воды, она развалится на кислород и водород. То есть на атомы.

Еще раз: молекулы сделаны из атомов. Атомы – простейшие, неделимые, элементарные вещества, а молекулы – вещества сложные, составные.

Что же у нас получается?

Получается, что атомы – это детальки конструктора, из которых собираются разные вещества. Деталек довольно много, около сотни, но все же ограниченное количество. Однако из них можно собрать тысячи, миллионы разных конструкций!

Самые сложные молекулы содержатся в нашем теле. Они могут состоять из миллионов атомов!

А как определить, что перед нами – элементарное вещество или сложное? Понятно, что если речь идет о живом веществе, то оно не просто сложное, а очень навороченное! А если нет? Вода, золото, соль, серебро, свитер, резина, майонез, бумага – как узнать, это составные вещества или элементарные?

Да очень просто! Взять и посмотреть в специальную табличку. Там все детали мирового «конструктора» прописаны. Это очень знаменитая табличка! Ее составил один умный русский дядя по фамилии Менделеев. С тех пор она так и называется – таблица Менделеева.

Дмитрий Иванович Менделеев очень любил заниматься химией. Помимо химии, у Иваныча было еще одно увлечение, – старик очень любил делать чемоданы.

Я вообще рекомендую вам, если вы родитель, купить ребенку, наряду с географической картой мира, столь же большую таблицу Менделеева и повесить в детской комнате.

А если вы ребенок, строго возьмите папу-маму за палец, отведите в ближайшую субботу в большой книжный магазин и потребуйте незамедлительного приобретения таблицы Менделеева с последующим размещением ее на вашей любимой стенке – рядом с картой мира. Периодически к таблице нужно подходить, вдумчиво смотреть на нее, выискивать какой-нибудь элемент и читать про него в приложении к этой книге, в самом конце. А потом рассказывать маме, поражая ее невероятным умищем. После чего как бы невзначай просить немного денег на карманные нужды. Знания должны приносить доход!

Таблица химических элементов Менделеева. Знаете, что вам нужно сделать? Заложите закладку на странице с этой табличкой, потому что мы будем периодически к ней возвращаться и каждый раз удивляться чему-то. Вам должно быть удобно искать страницу с табличкой. Можно сделать так: одна закладка обычная, которой вы закладываете текущую страницу, чтобы потом быстрее ее открыть – пусть она будет направлена вверх. А вторая закладка, на странице, где табличка Менделеева, пусть торчит вниз. Очень по-умному получится

.

И еще… Никого не должен смущать тот факт, что в этой книге про физику мы некоторое количество букв и времени уделим химии. Потому что химию можно с полным правом назвать одним из разделов физики – вот так!

Ну, а пока на стенке большой таблицы у вас нет, посмотрите на нее здесь. Таблица красивая, как мозаика. Это химическая палитра. Это краски, которыми нарисован мир. На цифры и буквенные обозначения элементов пока никакого внимания не обращайте, просто почитайте для интереса названия химических элементов, их которых сделан весь наш мир – миллионы разных веществ, звезды, планеты, мы. Поищите знакомые. Найдите золото. Найдите свинец, серебро, железо. Поищите кислород, который необходим нам для дыхания.

(Химические элементы в табличке для краткости обозначаются буквами латинского алфавита и являются простыми сокращениями латинских слов. Например, золото на латыни «аурум», оно так и обозначается – Au от латинского aurum. Свинец по-латински «плюмбум» – Pb. Серебро – Ag от латинского «аргентум». И так далее. Запоминать ни в коем случае не надо! Оно само потом запомнится так, что не отлепишь.)

Теперь, если вам нужно определить, какое вещество папа налил в рюмку – сложное или элементарное, – достаточно поискать его в таблице. Например, папа налил в рюмку кефир. Ищем в таблице Менделеева кефир. Есть он там, среди простейших веществ? Нету тут никакого кефира! Значит, кефир – сложное вещество, сконструированное из простейших элементов, которых всего около сотни, и все они у нас теперь как на ладони. Спасибо старику Менделееву!

Сразу скажу – чего бы вы ни хватились, в таблице Менделеева вы, как правило, этого не найдете.

Нет там воды, стекла, мела, пластмассы, дерева, кожи, селедки и прочих тысяч веществ и существ. Вывод? Он прост: нас окружают сложные вещества – их кругом миллионы! А вот простые вещества из таблицы Менделеева вокруг себя еще поискать нужно – какую-нибудь алюминиевую ложку или отрезок медной проволоки, кусочек свинца, мамино золотое колечко, воздушный шарик, внутри которого накачан газ гелий (найдите перечисленное в таблице)…

В общем, принцип понятен: из атомов простейших веществ (химических элементов), которые дедушка Менделеев смел своей бородой в табличку, собираются молекулы сложных веществ. Вода, как мы уже знаем, собрана из двух атомов водорода и одного атома кислорода. Ну а, например, соль? Та самая белая поваренная соль, которая хранится у вас дома в солонке?

Это сложное вещество. Молекула соли состоит из одного атома металла по имени натрий и одного атома газа по имени хлор. Нашли их в таблице?

Натрий – очень редкий и мягкий металл, его можно ножом резать. Если кусок натрия бросить в воду, то лучше сразу убежать подальше. Потому что натрий зашипит, начнет бегать по поверхности воды, выделяя белый дым, затем вспыхнет и загорится ярким пламенем, а потом и вовсе взорвется, если кусок достаточно велик. Очень активный металл!

А хлор – это очень ядовитый газ. Этот газ во время Первой мировой войны применяли для удушения противника – дожидались, когда ветер подует в сторону врага и открывали вентили баллонов. Газ несло ветром на вражеские окопы и надышавшиеся солдаты гибли. (Подробнее об этом вы можете почитать чуть дальше, в специальном разделе, посвященном газам.)

Но каков фокус! Из двух таких крайне агрессивных веществ, как натрий и хлор, получается вполне безобидная и даже полезная соль. Металл – блестящий, взрывающийся, он проводит электрический ток. Газ – ядовитый, зеленоватый и летучий. А соль? Вы ее прекрасно видели – белая, неопасная, не летучая и не ядовитая, ее можно есть. И никакого электрического тока она не проводит. Совершенно другие свойства!

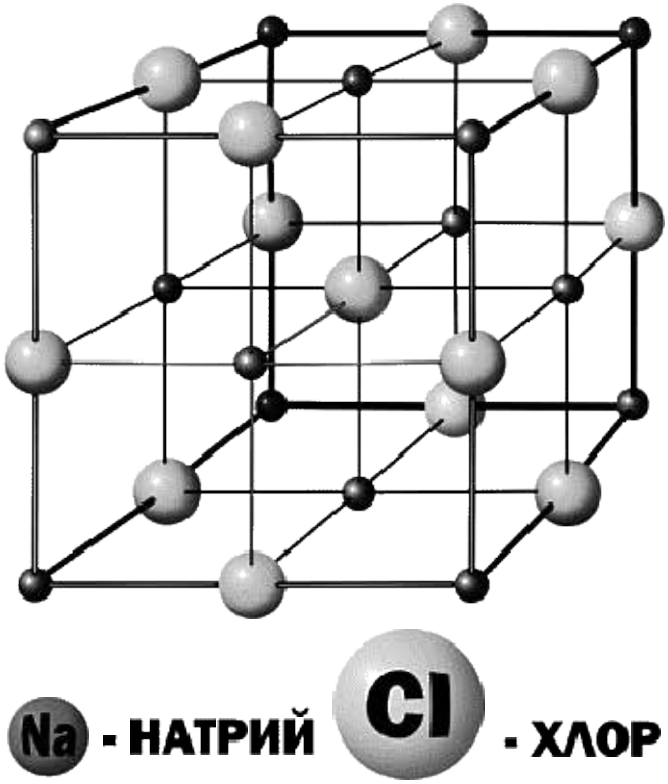
По-научному поваренная соль называется хлоридом натрия и записывается химиками так – NaCl (натрий хлор).

Как устроен кристаллик хлорида натрия? Вот он, на рисунке, посмотрите. Белые шарики – это атомы хлора, а серые – атомы натрия.

Кто-то может спросить:

– А почему белые шарики больше серых? Неужели атомы газа хлора больше, чем атомы металла натрия?

Именно так!



Кристаллик поваренной соли

Посмотрите в волшебную таблицу старичка на букву М. – чем ниже и правее атом, тем он больше по размеру и тяжелее. Чем он левее и выше – тем легче. Почему это так, мы поймем немного позже, когда вы с помощью этой книги познаете, как устроен мир до таких глубин, коих не знает в вашем возрасте никто.

Дошкольники и школьники младших классов не знают, потому, что им не попалась такая чудесная книга, как эта.

Взрослые – потому, что все уже давно забыли.

А школьники старших классов – потому, что дурака валяют на уроках вместо того, чтобы учиться.

Один вы умный и хороший.

Теперь, умный и хороший, еще раз гляньте на картинку соляного кристаллика. То, что вы видите, называется кристаллической решеткой. Вот этот кубик, эта вот жесткая пространственная структура, в которой атомы находятся каждый на своем месте и неподвижно стоят там, как солдаты в строю, носит гордое звание кристаллической решетки. Именно жесткостью этой решетки и объясняется твердость вещества.

Кристаллическую решетку называют решеткой, потому что она похожа на решетку. Вот так вот все сложно в этой физике!

Молекулы воды, когда она превращается в лед, выстраиваются именно в форме такой вот жесткой решетки. Поэтому лед твердый.

? А когда вода жидкая, как расположены молекулы?..

А когда вода жидкая, ее молекулы расположены в хаотическом беспорядке, они суетятся, толкаются друг с другом, меняются местами – в общем, ведут себя, как толпа в метро. Они все еще тяготеют друг к другу, но уже очень подвижны от накачанного тепла, поэтому вода жидкая. Ткнул в нее пальцем и легко раздвинул молекулы. А в льдышку с ее жесткой кристаллической решеткой сколько пальцем ни тыкай, толку будет мало, если не считать сломанного пальца.

? А если вода превращается в газ и вылетает из носика чайника в атмосферу, что происходит тогда?..

А вот тогда она полностью теряет всякую структуру. У любого газа, включая водяной пар, молекулы уже не притягиваются друг к другу, а стремятся разбегаться во все стороны. Расстояние между ними становятся во много-много раз больше, чем в жидкости, поэтому газ такой неплотный и летучий. Его молекулы можно сдержать вместе только в какой-нибудь оболочке, типа баллона или воздушного шара. Но стоит в оболочке образоваться дырке, как молекулы начинают оттуда разлетаться.

То, что чуть выше написано касательно жидкости, было прекрасно продемонстрировано еще в XIX веке английским ученым по фамилии Броун. Интересно, что Броун не был физиком, а был безобидным ботаником, изучал растения и свое открытие в физике сделал случайно.

Броун изучал под микроскопом пыльцу растений и заметил, что маленькие частички пыльцы, находящиеся в воде, все время дрожат и немного двигаются то в одну сторону, то в другую. В общем, они хаотически, то есть беспорядочно, перемещаются, словно живые. Позже выяснилось, что так же ведет себя не только пыльца растений, но и любое вещество, растертое в мельчайшую пыль.

Оказалось, хаотичное движение пылинок, их дерганье туда-сюда вызывается беспорядочным движением молекул воды, которые барабанят в пылинку. Конечно, даже самые микроскопические пылинки любого вещества – настоящие гиганты по сравнению с молекулами воды! Молекула по сравнению с пылинкой – все равно, что кошка по сравнению с небоскребом. Кошка не может сдвинуть небоскреб. Пылинка состоит из миллионов и даже миллиардов молекул. Но ведь и вокруг пылинки тоже беспорядочно мечутся миллионы и миллиарды молекул воды! И когда в какой-то момент с одной стороны пылинку случайно толкает чуть больше молекул, чем с другой стороны, она чуть смещается в ту сторону. Потом в другую. Так и ползает туда-сюда, беспорядочно дергаясь каждую секунду туда, куда ее стукануло больше молекул.

В честь первооткрывателя этого явления ботаника Броуна подобное бессмысленное движение частичек в воде называют броуновским движением. Оно и вправду совершенно бестолковое, случайное.

Теперь вот какой вопрос. Понятно, что все молекулы любого вещества имеют свойство притягиваться друг к другу. Иначе вещество просто разваливалось бы на молекулы. А так все вокруг прекрасно существует и не разваливается. Стоит шкаф и не рассыпается на молекулы. И книжка перед вами даже не думает разлетаться в пыль.

Почему же тогда у молекул газа это свойство притяжения теряется? Если воду превратить в газ, она разлетится во все стороны…

Все дело в том, что у газа процесс притяжения молекул полностью пересиливается другим процессом. Каким? Отталкиванием, что ли? Но разве могут частички вещества одновременно обладать свойством и притяжения, и отталкивания друг к другу?

Разгадка в том, что в твердом веществе молекулы вещества почти неподвижны. Они находятся в узлах кристаллической решетки, сцепившись, и только чуть-чуть трясутся. Оттого твердое вещество такое прочное. В жидкости же скорость молекул больше, и они уже не удерживаются в плотной застройке структурной решетки, а топчутся бесформенной толпой. А вот в газе скорость молекул еще больше. Она такая большая, что молекулы просто проскакивают друг мимо друга, поскольку мечутся с огромными скоростями.

Эти скорости молекулам сообщает нагрев. Нагрели лед – он растаял. Нагрели воду – закипела, превратилась в пар. Но что такое нагрев и что такое тепло? К этому вопросу мы еще вернемся, а пока вот вам наилучшая аналогия твердого, жидкого и газообразного.

Дети в классе – это кристалл. Они сидят за партами по своим ячейкам решетки, образованной рядами парт.

Дети на уроке физкультуры – жидкость. Они бегают по всему залу, прыгают, но из зала не выходят, а держатся все вместе, одним классом.

А вот хаотичные дети на переменке – это сущий газ! Класс распадается, и ужасные дети, приобретя энергию безумия, начинают носиться по всей школе, сталкиваясь друг с другом в броуновском движении и норовя сбить с ног толстые пылинки случайных взрослых посетителей или учителей. Так они и будут носиться, пока их не заморозит школьный звонок.

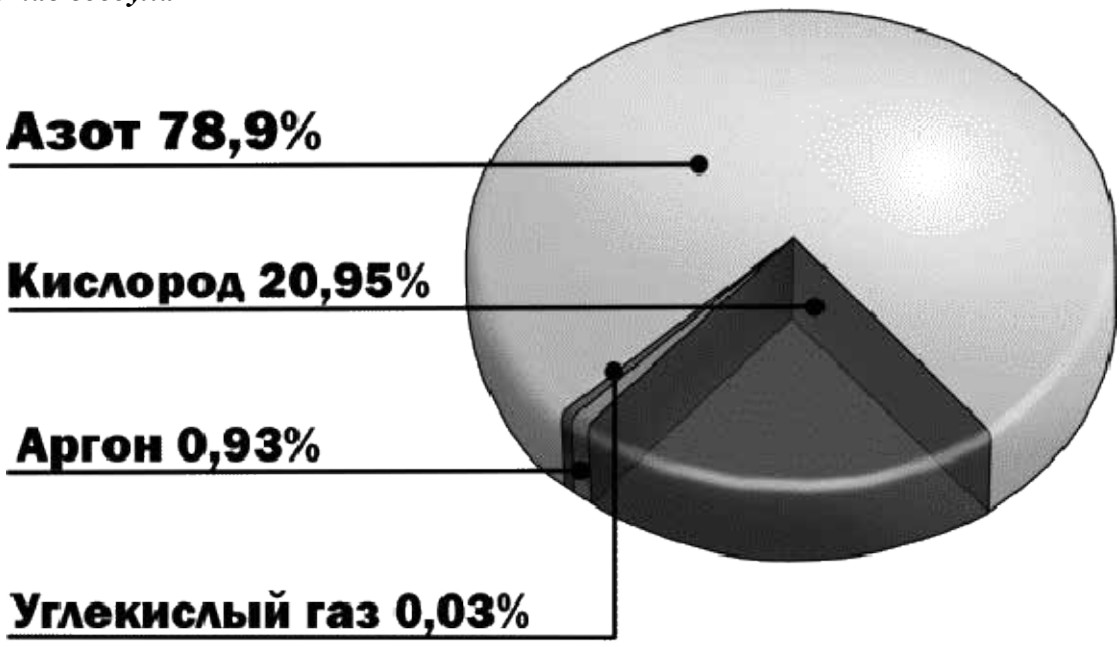
Газы!

Кислород O_2

Самый важный для человека газ. И не только для человека. Все живое на Земле дышит кислородом. Без кислорода человек может существовать всего несколько десятков секунд. Раньше была такая казнь - через удушение: человеку затягивали горло веревкой, перекрывая доступ кислорода в легкие, и организм переставал функционировать.

Атомы кислорода держатся парами, образуя одну молекулу кислорода, поэтому сей газ обычно записывают с маленькой двоечкой внизу (см. выше). Кстати, то же самое касается и многих других простейших газов.

Земная атмосфера на 21 % состоит из кислорода, что весьма недурственно.
Состав воздуха



В нашем организме кислород участвует в процессе окисления разных веществ. Окисление - научное название горения. Дрова в костре окисляются, то есть горят, и мы видим результат этой бурной реакции в виде пламени. При этом выделяется много тепла и света. Можно сказать, что горение происходит и внутри человека, только без огня, потому что оно очень медленное и неспешное. А топливом для внутреннего костра является проглоченная нами пища. Кстати говоря тот факт, что человек теплый - результат внутреннего медленного горения, то есть реакции окисления.

Водород H_2

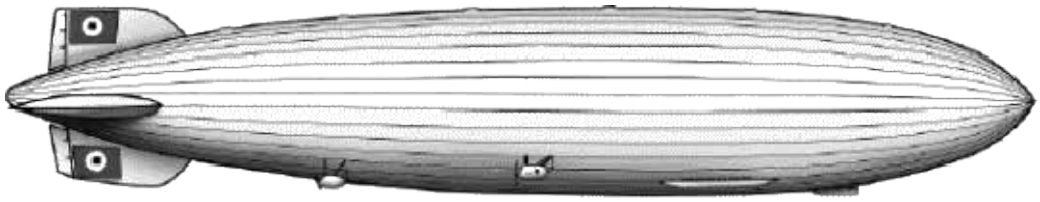
Самый легкий газ на свете. Поэтому раньше, до эпохи самолетов, им наполняли дирижабли. И точно так же, как легкие деревяшки всплывают из-за того, что дерево легче воды (точнее было бы сказать, что дерево менее плотное, чем вода) - так и дирижабль, наполненный легким газом, всплывает в более плотной атмосфере. Он ведет себя, как деревяшка в воде.

Дирижабли, наполненные водородом, сто лет назад перевозили пассажиров, совершая трансатлантические рейсы из Европы в Америку. Но поскольку водород очень горючий газ, порой из-за случайно искры случались ужасные катастрофы.

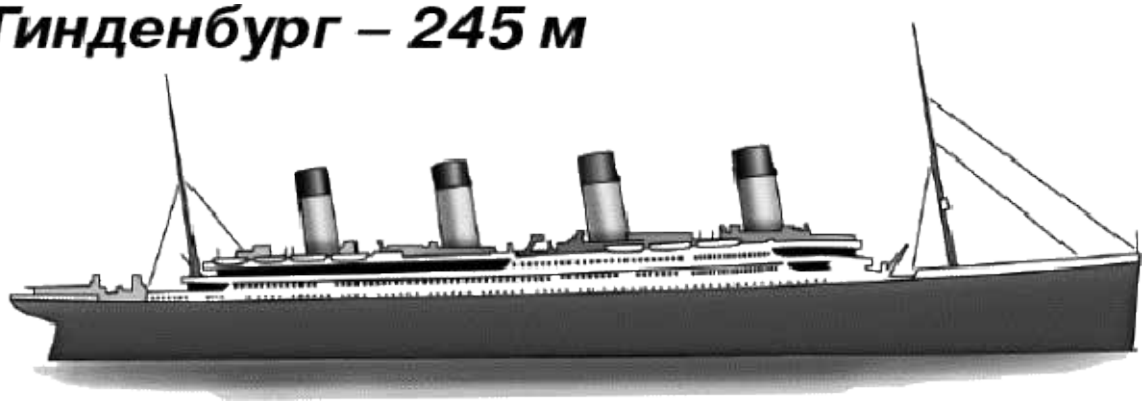
Наиболее известная из них - катастрофа, случившаяся с «Гинденбургом». Это был самый большой воздушный корабль в мире. Размером он был практически, как «Титаник» - самый большой в мире на тот момент пассажирский корабль. И обоих гигантов постигла печальная участь:

«Титаник» утонул, столкнувшись с айсбергом, а «Гинденбург» сгорел, встретившись со случайной искрой. Случилось это так…

Боинг – 75 м



Гинденбург – 245 м



Титаник – 269 м

Вечером 6 мая 1937 года «Гинденбург», перелетевший Атлантический океан, на малом ходу подруливал к посадочной мачте в Нью-Йорке. Его пассажиры любовались городом, а внизу горожане глазели на летящую махину дирижабля. И посмотреть было на что!

Воздушный гигант был оснащен четырьмя дизельными двигателями марки «Даймлер-Бенц», каждый из которых имел мощность в 1200 лошадиных сил. Дирижабль мог поднять 100 тонн полезной нагрузки (то есть не считая пассажирского салона, разного оборудования, моторов и дизельного топлива, коего на борту было 60 тонн). С помощью пропеллеров «Гинденбург» разгонялся в безветренную погоду до 135 километров в час. Не очень большая по нынешним временам скорость, конечно. Но по сравнению с пароходами это все-таки большой прогресс, ведь скорость того же «Титаника» была всего 40 км/ч и считалась большой. Правда, «Титаник» брал на борт больше тысячи пассажиров, а «Гинденбург» всего 72.

Дирижабль в Германии отвязывали от причальной мачты, легкий газ водород поднимал махину вверх, включались моторы, и пропеллеры тащили корабль вперед, в Америку. Полет через океан длился не неделю, как на пароходе, а всего три ночи и два дня, которые пассажиры проводили с комфортом. Конечно, бассейна, как на «Титанике», на дирижабле не было, но были вполне комфортабельные каюты, ресторан, библиотека, музыкальный салон, прогулочная палуба и даже курительная комната.

Да-да, курительная комната! Несмотря на страшную опасность пожаров из-за большой летучести и горючести водорода, конструкторы понимали, что два дня курильщикам без курения не продержаться.

Поэтому оборудовали курительный салон. Именно там и находилась единственная на борту электрическая зажигалка, не дававшая открытого пламени. Техника безопасности строго соблюдалась: перед входом на борт все, включая членов экипажа, сдавали зажигалки и спички, а внутри курительной комнаты создавалось избыточное давление, чтобы чрезвычайно летучий и постоянно просачивающийся через оболочку водород не мог проникнуть в курительный салон. Входили в курительную комнату через особый шлюз, выравнивающий давление.

Несмотря на то, что огромный водородный баллон обладал большой подъемной силой, конструкторы экономили каждый грамм веса, поэтому пассажирский салон дирижабля был для облегчения сделан из самого легкого доступного металла – алюминия. И даже рояль в музыкальном салоне был алюминиевым. Что понятно: чем меньше необходимой нагрузки, тем больше полезной.

Кстати, найдите-ка в таблице бородатого Менделеева этот самый металл – алюминий. Нашли? Видите, где он там находится? Ближе к верхнему левому углу. Чем левее и выше вещество в таблице, тем оно легче (менее плотное). А самое легкое какое вещество в мире? Посмотрите в табличку…

Правильно, водород!

В общем, как уже было сказано, водородный пузырь «Гинденбурга» подлетал к Нью-Йорку. Из-за сильного встречного ветра он опаздывал почти на 10 часов, и это было не единственной неприятностью – на месте посадки бушевала гроза. Что и послужило причиной катастрофы. Очередной разряд вызвал вспышку водорода, и несчастный «Гинденбург» сгорел за считаные секунды. Из 97 человек, находящихся на борту немецкого дирижабля (пассажиры и члены экипажа), погибло 35.

При спасении людей большое мужество проявил немецкий пилот Эдуард Боециус. Находившийся в то время у власти Гитлер даже наградил его за отвагу.

Но пожар на «Гинденбурге», как мы уже знаем, не единственная катастрофа с водородными дирижаблями.

В 1913 году в Германии сгорел дирижабль LZ 18. Погибло 28 человек.

Пятью годами позже над островом Мальта сгорел дирижабль военно-воздушных сил Германии LZ 104. Он готовился бомбить британскую военную базу, но не успел – водородный пузырь охватило пламя, он взорвался и унес жизни более двадцати человек.

В 1922 году в США сгорел, задев высоковольтную линию, армейский дирижабль. Погибло 34 человека.

На следующий год над Средиземным морем из-за удара молнии взорвался французский дирижабль «Диксмуд». Погибло 48 человек.

В 1930 году вспыхнул и взорвался огромный английский дирижабль R101. Это был его первый дальнемагистральный перелет. Погибло почти пятьдесят человек.

А можно ли было чем-то заменить взрывоопасный водород? Да, есть другой легкий газ – гелий. Найдите его в таблице Менделеева… Газ гелий, правда, в 2 раза тяжелее (правильнее сказать, плотнее) водорода, а значит обладает меньшей подъемной силой, но зато он совершенно не горючий!.. Правда, в ту пору, когда сгорел «Гинденбург», месторождения, на которых шла добыча гелия, были

открыты только в США. А американское правительство не хотело снабжать ценным газом гитлеровское правительство.

Почему же сами американцы не стали строить гелиевые дирижабли? Потому что к тому времени эти воздушные динозавры проиграли эволюционную гонку более юрким самолетам, скорость которых была много выше, чем у громоздких дирижаблей.

А что же водород? Он не исчез с технической арены. Многие предрекают ему большое будущее. Считается, что водород может стать топливом для наземного транспорта завтрашнего дня. Он будет сгорать в автомобильных двигателях вместо бензина. По сравнению с бензином у водорода есть большое преимущество - при его окислении (горении) не образуются вредные вещества, а получается только чистая вода.

Хлор Cl_2

Зеленоватый ядовитый газ. Открыли его еще в XVIII веке, но широкомасштабно применить придумали только в начале XX-го, во время Первой мировой войны - для удушения солдат противника.

Идея была грамотная, но немецкие военные в нее не верили, считая каким-то чудачеством ученых. Они привыкли к осязаемой смерти - пуля, снаряд, штык… А тут какой-то газ. Несерьезно. Однако боевой эксперимент решили провести, ждали только попутного ветра, который должен был подуть в сторону вражеских окопов, а иначе свои задохнутся.

Любопытно, что французы, против которых немцы воевали, знали о том, что немцы готовят какое-то новое оружие. В апреле 1915 года возле деревни Лангемарк французские солдаты захватили в плен немца. Во время обыска у него были найдены зашитые в марлю куски ткани и пузырек с какой-то жидкостью. Это сочли перевязочными материалами и даже не обратили на них внимания. Однако на допросе пленный немец сказал, что указанные предметы - часть подготовки для испытания нового немецкого чудо-оружия.

Солдат про оружие никаких подробностей, разумеется, не знал, но заявил, что оно представляет собой какие-то металлические цилиндры, зарытые на нейтральной полосе ночью. И вот для защиты своих солдат от этого оружия немецких бойцам и раздали марлевые повязки с пузырьками - ткань нужно намочить жидкостью из пузырька и через нее дышать.

Французы немцу не поверили. А между тем их радиоразведка доносила, что немецкое командование в радиопереговорах очень интересуется погодой. Точнее ветром. Все время об этом говорят… Но и на эти донесения никто внимания не обратил.

Между тем изобретатель нового чудо-оружия немецкий доктор Фриц Габер тоже с нетерпением ждал нужного ветра. Этот штатский человек в пенсне наивно полагал, что его оружие ускорит конец кровопролитной войны, поскольку быстро принесет победу Германии.

И вот 25 апреля, дождавшись устойчивого ветра в сторону вражеских окопов, немцы открыли вентили. Зеленоватые клубы хлора полетели в сторону французов. Те сначала ничего не поняли и с интересом наблюдали за приближением зеленоватого тумана, стелившегося вдоль поверхности земли. Затем они почувствовали неприятный запах. Потом резь в глазах. Затем удушье. Газ буквально выжигал легкие, глаза! Ослепшие солдаты бегали, кричали, падали, корчились в судорогах и умирали, умирали, умирали.

Немногие тогда выжили. Вот как описывал выживших английский военный журналист: «Среди нас, шатаясь, появились французские солдаты, ослепленные, кашляющие, тяжело дышащие, с лицами темно-багрового цвета, безмолвные от страданий, а позади их в отравленных газом траншеях остались, как мы узнали, сотни их

умирающих товарищей».

Передовая перед наступающими немцами оказалась полностью очищенной от французских солдат. Но этот успех оказался столь неожиданным для самих немцев, которые хотели всего лишь провести боевые испытания, что они как следует не подготовились и не смогли воспользоваться своим успехом: в пробитую, точнее протравленную хлором брешь в обороне противника ввели лишь один пехотный батальон. А могли через эту дырку, воспользовавшись эффектом неожиданности, взломать весь фронт!

О том, что случилось, написали все мировые газеты. Сразу выяснилось, что спастись от хлора не очень сложно – нужно дышать через повязку, смоченную раствором соды. А если нет соды, то хотя бы намочить портянку в ближайшей луже или просто помочиться на нее. Неприятно, конечно, но если жить захочешь, о брезгливости лучше забыть.

Именно поэтому вторая газовая атака немцам уже не удалась. Они атаковали позиции французских союзников – канадцев, выпустив несколько баллонов с хлором по ветру. Канадцы вооружились мокрыми повязками и переждали ползущее облако, которое сначала накрыло их, а потом было унесено ветром в тыл. Когда же вслед за зеленым туманом на траншеи стали наступать немцы, их встретил плотный огонь канадских пулеметов. Стреляли те канадцы, которым с помощью мокрых повязок удалось выжить и сохранить зрение.

Применяли немцы газовое оружие и против русских войск. В мае того же года они распылили 12 тысяч газовых баллонов по фронту шириной в 12 километров. После чего пошли в атаку. Русские потеряли 75 % личного состава, однако оставшиеся в строю 25 % пулеметным огнем остановили противника.

Впрочем, и самим немцам на своем веку пришлось «хлебнуть газку»! Во время одной из газовых атак со стороны французов молодой немецкий ефрейтор Адольф Гитлер был сильно отравлен и даже на время потерял зрение. Жалко, что не умер.

Глава 2
Что такое тепло?

Ой, ребята, в свое время ученые головы себе сломали, раздумывая над этим вопросом!

Таких вопросов в истории науки было множество. Например, что такое время? Ну, в самом деле? Что такое вещество, мы понимаем, его можно потрогать, об него можно набить шишку. Ясно, что такое пространство. Это место, где вещество помещается. А вот что такое время? Что это за неуловимая субстанция такая?.. В этой книге мы ответим и на этот вопрос. А сейчас вернемся к теплу.

Вот лежит холодное тело. Мертвый мужик. Нет, лучше кирпич. Да, холодный кирпич. А рядом другой такой же кирпич, но теплый. Или даже горячий. Чем они отличаются?

Температурой, говорите вы?

А что это такое?

Состав вещества у кирпичей один. Свойства одинаковые – цвет, хрупкость, пористость, плотность, шершавость и т. д. Но один кирпич теплый, а другой холодный. Что такого есть в теплом кирпиче, что отличает его от холодного?

По простоте душевной ученые прежних времен предположили, будто теплота – это такая невидимая и невесомая жидкость, которая притекает в физическое тело. И чем ее больше притекло, тем горячее стало тело. Этой жидкости даже название дали – теплород, то есть рождающий тепло.

Вот какие фантазеры!

Но вы-то уже знаете, что такое тепло. Точнее, того, что вы уже знаете, вполне достаточно для ответа. Нужно только сделать одно ма-аленькое усилие, чтобы догадаться.

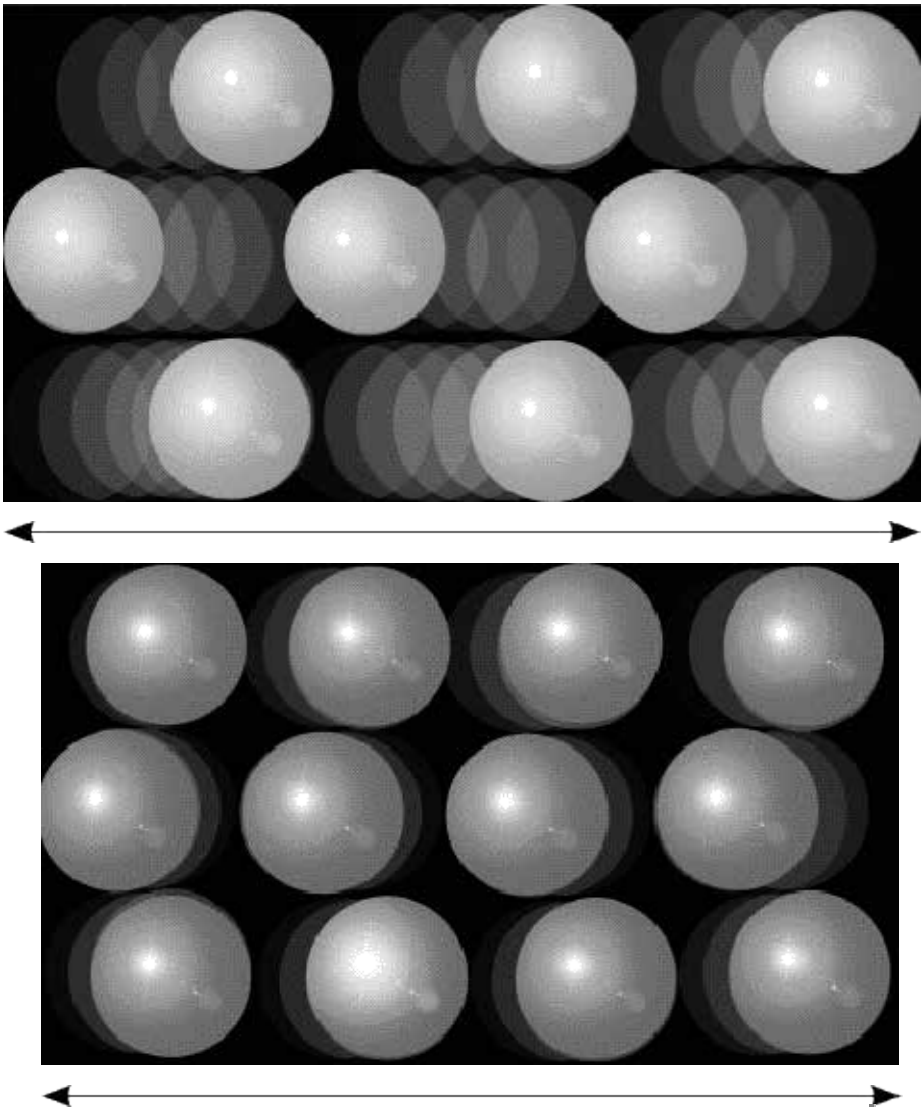
Я вам помогу. Подтолкну, так сказать, на скользкую дорожку знаний.

Смотрите, мы нагреваем тело, то есть накачиваем в него тепло, и что же с ним происходит? Сначала тело расширяется. Почему? А все тела при нагревании расширяются, так как амплитуда, то есть размах колебаний, молекул этого тела увеличивается.

Потом тело постепенно нагревается до температуры плавления, тает, становится жидкостью, а затем, достигнув температуры кипения, и вовсе быстренько испаряется, превращаясь в газ. При этом мы уже знаем, что происходит с молекулами этого тела.

С повышением температуры они начинают двигаться все быстрее и быстрее и быстрее.

Если раньше в твердом теле они чуть шевелились, шлепая синими губами от холода, то потом ускорились настолько, что разломали всю кристаллическую структуру, в которой состояли. Как солдаты, отпущенные из строя, ломают строй, разбредаясь в разные стороны.

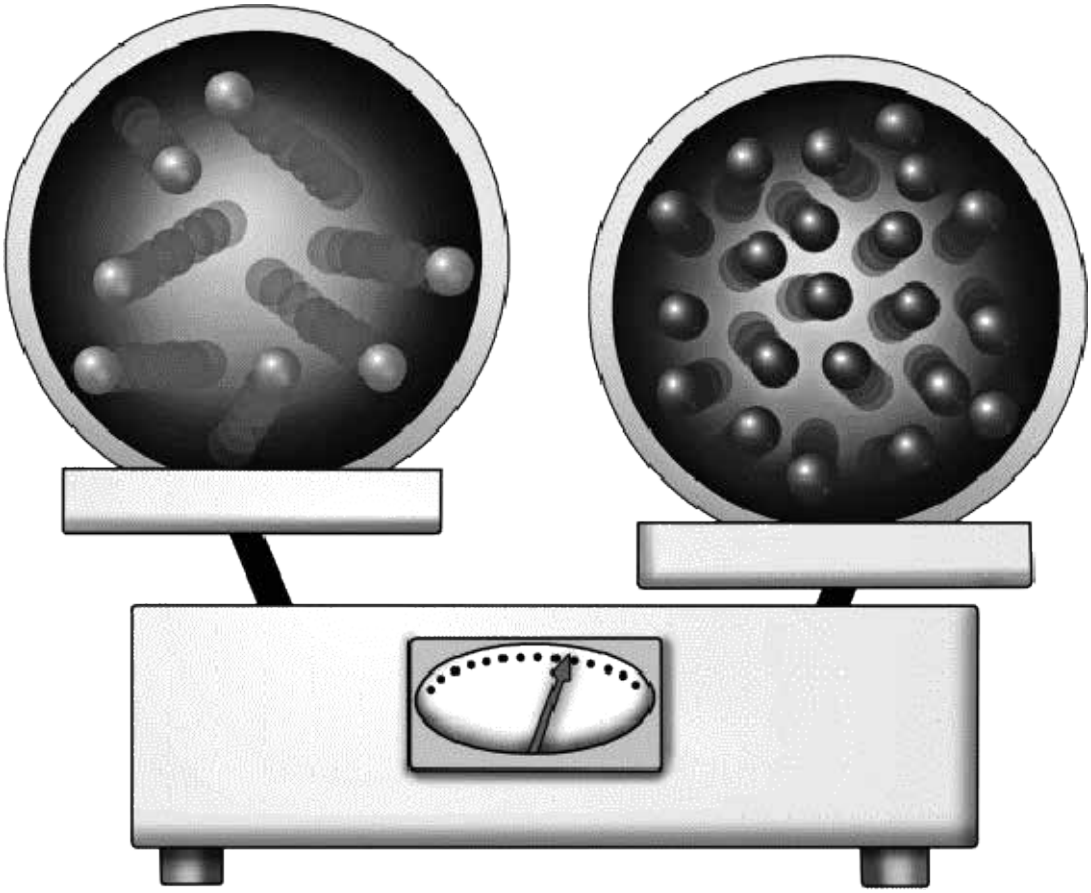


Вот почему тело при нагревании расширяется

Затем, по мере дальнейшего нагрева, молекулы становятся еще более активными и быстрыми. Им тесно в сумасшедшей толчее! Расстояние между молекулами растет. И в

конце концов их скорости становятся такими большими, что пересиливают взаимное притяжение, самые шустрые улетают прочь, испаряясь. И в конце концов вся жидкость превращается в газ – ее молекулы разлетаются в разные стороны к чертовой матери.

Отсюда, кстати, понятно, почему летают воздушные шары, наполненные горячим воздухом. Потому что теплый воздух легче холодного! Что это значит? Это значит, что один объем теплого воздуха весит меньше, чем тот же объем воздуха холодного. Почему? А потому что в теплом воздухе скорости молекул и расстояния между молекулами больше, чем в холодном. При нагревании предметы расширяются, и газ – не исключение. Значит, в одном и том же объеме теплого воздуха помещается меньше молекул. Оттого и вес меньше.



Вот почему горячий воздух легче холодного – там вещества меньше! Или, иначе говоря, теплый воздух разряженнее.

? А что происходит, когда мы даем телу тепло?

Что мы делаем? Мы разгоняем его молекулы, сообщая им все большую и большую скорость.

То есть что такое тепло? Тепло – это и есть скорость молекул, составляющих тело!

Еще раз: тепло – это средняя скорость движения частичек тела. Чем выше температура, тем выше скорость молекул.

В холодном кирпиче молекулы еле шевелятся. В горячем уже энергично пихаются и активно толкаются локтями. Вот именно эти толчки мы, приложив руку к кирпичу, ощущаем, как тепло. Поняли? Молекулы активно барабанят по нашей ладони, а мы думает, что это «тепло». Никакого отдельного от физического тела «тепла» нет. Оно всего лишь – наши ощущения от скорости движения его молекул.

Чем больше скорость колебания молекул, тем горячее нам кажется. А чем меньше – тем холоднее. Но тогда получается, что должна быть предельно низкая температура, ниже

которой уже и быть не может – когда молекулы тела уже практически не дрожат, а замерли в оцепенении.

Именно так! Это для высокой температуры пределов практически нет – внутри Солнца, например, температура достигает 20 миллионов градусов – вот как быстро там носятся частицы. А для низкой температуры предел есть, он называется Абсолютным нулем температуры. Существует даже температурная шкала, названная по имени британского ученого шкалой Кельвина, которая начинает свой отсчет от абсолютного нуля. Абсолютный нуль Кельвина по привычной нам шкале Цельсия составляет минус 273 градуса. Ниже температур не бывает.

? Ладно. А как передается тепло?

Ну, как мы нагреваем тело, то есть разгоняем его молекулы? Как мы сообщаем им дополнительную скорость? С помощью чего? С помощью другого нагретого тела, а как же иначе! То есть с помощью других энергичных молекул! Например, мы можем нагреть сковородку, поставив ее на горячую печку или раскаленную плиту. Мы можем нагреть холодный камень, положив его в горячую воду. Вода нагреет камень, а сама остынет. Их температуры сравняются. Это значит, что очень энергичные, то есть быстрые молекулы воды начинают барабанить по лежащему в воде камню. Точнее, по его еле шевелящимся холодным молекулам. И расталкивают их! При этом молекулы камня начинают двигаться быстрее (то есть камень нагревается), а молекулы воды «стынут», то есть начинают двигаться медленнее, поделившись с молекулами камня своим движением.

Другими словами, вода поделится с камнем своей энергией. И вскоре, как уже было сказано, температуры воды и камня выравняются. Это просто.

Но вы заметили, что я постепенно и незаметно ввел в оборот новое слово – «энергия»?

Это что еще такое?

Это весьма смутная категория в физике. И вместе с тем очень простая для понимания.

Думаю, интуитивно, что такое энергия, ясно каждому ребенку и в особых объяснениях не нуждается.

Мальчик бежит быстро, он весь красный и взъерошенный. Это очень энергичный мальчик! А вялый мальчик, который лежит на диване бледный, обладает низкой энергией. Ему нужно побольше каши есть, то есть подзарядиться слегка.

Если батарейка села, мы говорим, что энергия в ней кончилась.

Если мы разогнали тело до большой скорости – например, пулю, – то она стала высокоэнергичной и может пробить толстую доску. А пуля низкой энергии, то есть брошенная рукой, доску не пробьет. И газету может не пробить, если скорость низкая. Видите, энергия может быть связана со скоростью. Такая энергия называется кинетической (от греческого слова kinetikos – движение).

Автомобиль накапливает энергию для движения путем заполнения бака горючим. А почему оно называется «горючим»? Да потому что горит (окисляется, то есть химически реагирует с кислородом) и при этом выделяется много энергии. В бензине уйма энергии – если бензин сжечь, она высвободится в виде тепла и света. Это внутренняя, химическая энергия, запасенная внутри самого вещества. Вещество нужно разрушить, чтобы она высвободилась.

А еще энергия может быть связана с положением тела в пространстве. Часы с кукушкой видели? Они работают от гири с цепочкой. У вас есть такие часы? Если нет, это совершенно недопустимо, нужно непременно приобрести! Велите маме. Потому что это очень хорошие часы. Гирю поднимаешь, и она начинает постепенно опускаться. А цепочка,

на которой висит гиря, медленно крутит шестерни часов. И они идут себе. Настоящее механическое чудо. Кукушка кукует. Плохо ли?

Когда гиря коснулась пола и опускаться ей больше некуда, часы, естественно, останавливаются. Но горевать не надо. Нужно просто потянуть за цепочку и поднять гирю снова. Что мы таким образом сделали с точки зрения энергетики? Запасли в гире энергию, изменив ее высоту. Если тело на высоте, оно в принципе может падать к земле. Значит обладает энергией. Какой? Такая энергия называется потенциальной, то есть возможной. Отпустим тело с высоты, чтобы оно падало, и этот потенциал реализуется – тело начнет набирать скорость и его потенциальная энергия будет переходить в кинетическую, то есть в скорость.

Выводы? Они прекрасны! И их два.

Первый. Энергия одних видов может переходить в другие, например, потенциальная в кинетическую, химическая в тепловую.

Второй. Энергию можно запасать. Поднял гирю – запас энергию.

Сжал пружину – запас энергию.

Зарядил аккумулятор – запас энергию.

Покушал – запас энергию в виде жира на боках.

Разогнал тело – придал ему энергию.

Значит, что такое энергия? Это некое свойство, способность тела совершить полезное действие, какую-то работу. Запустить ход часов, если это гиря. Вытолкнуть присоску на палочке из ствола детского пистолета, если это сжатая пружина. Зажечь лампочку, если это батарея или аккумулятор. Разогнать машину, если речь о бензине. Насытить хилого мальчика, придав ему скорость, если речь о пище.

Вот что такое энергия.

? Ну, а если нужно что-то сделать, а энергии нету?

Идите ищите! Не будет энергии – не будет работы. Чудес не бывает. Сходите в магазин, купите аккумулятор. Постройте электростанцию. Разверните солнечную батарею. Поднимите гирю. Покушайте.

Но помните – за все за это придется заплатить. И за батареку, и за еду из магазина. И за электричество в розетке. Даже на поднятие гири часов вы потратите свою личную энергию, которую получили из пищи. Совсем немножечко, но потратите.

Так уж устроен этот мир, что за все хорошее в нем приходится платить – за любое строительство, за любое созидание. Только за разрушение платить ничего не нужно: если опустить ручки и ничего не делать, все рано или поздно разрушится или испортится. Отчего это так, мы поймем позже. А пока нам нужно запомнить то, что все и так знают: энергия из ниоткуда не берется. Сколько позаимствовал, столько и потратишь, и ни капелькой больше.

? А где позаимствовать? Где взять энергию? Откуда она вообще в природе берется?

Ну, за всю природу говорить пока рано, а вот откуда энергия на нашей планете, я скажу вам по секрету. В конечном счете от Солнца! Почти вся энергия, которой мы пользуемся – солнечная. Исключение – энергия земных недр, которую мы выковыриваем в виде полезных ископаемых. Например, топливо для атомных электростанций – ископаемый дар планеты. А вот энергия гидроэлектростанций имеет солнечную природу. Если б не было Солнца, все на планете вымерзло бы, не текли бы реки, а, значит, их течение не вращало бы турбины электростанций.

Энергия ветра, который крутит лопасти ветряков, – тоже солнечная в конечном итоге. Ведь Солнце нагревает атмосферу, отчего и случаются ветры, дожди, ураганы…

И пища, которую мы едим, – тоже дар звезды по имени Солнце. Потому как без света не могут расти растения, которые мы кушаем. Растениями питаются также животные, которых мы едим. Кушать было бы нечего без Солнца!

В Солнце энергии много, ее хватит еще на сотни миллионов лет, а там что-нибудь придумаем…

Про энергию мы еще поговорим. А сейчас я озвучу один хитрый вопрос, который должен был прийти вам в голову еще в прошлой главке.

Вот мы говорили о делимости вещества. Узнали, что все сложные вещества состоят из простых (элементарных). Простых веществ, которые еще называют химическими элементами, около сотни, и все они занесены в табличку Менделеева.

Самая маленькая частичка сложного (то есть сложенного из простых) вещества называется молекулой. И если молекулу разделить, получатся атомы уже совсем других веществ – те самые детальки мирового конструктора. У них уже совсем другие свойства: поваренная соль белая и полезная, а натрий и хлор, из которых сделана соль, очень даже агрессивные и ведут себя совершенно по-другому. Это понятно.

Но что будет, если попробовать разделить атом химического элемента, то есть детальку конструктора? Атом вообще делим?

Вот какой вопрос должен был прийти вам в голову. Приходил?

Глава 3
Как устроен атом и вообще весь мир

Да, друзья мои, атом делим! Эту радостную новость я вам сообщаю сразу.

Атом тоже являет собой составную конструкцию. Получается, что детальки тоже устроены из деталек, только более мелких. Почему же греки называли атом неделимым? Мы уже знаем ответ: потому что деление мельчайшей крошки вещества – атома – приводит к тому, что вещество перестает существовать в своем привычном виде! Как перестает существовать автомобиль, если его разобрать на отдельные части – колеса, поршни, гайки, рычаги…

Все в мире сделано, как мы уже выяснили, из примерно сотни атомов (химических элементов). А сами атомы? Они состоят всего из трех деталек, только в разных сочетаниях.

Всего из трех!

В это трудно поверить, но все многообразие окружающей нас природы – звезды, планеты, мама с папой, хлеб, собака, воздух – это всего лишь разные наборы трех частичек, которые сначала складываются в атомы, а уж затем атомы составляют молекулы, строящие мир. Но в основе мира – всего три частицы. Частицы эти называются элементарными.

Опять возникает это слово «элементарные»!

Простейшие химические вещества, которые занесены в таблицу Менделеева, называют химическими элементами. И частицы, из которых сделаны эти элементы, тоже называются элементарными.

А имена у них есть?

Есть. Знакомьтесь:

Протон, Нейтрон, Электрон. Вся святая троица.

Но прежде, чем рассказать про них подробнее, я отвечу на закономерный вопрос, который должен был снова у вас возникнуть: а из чего сделаны элементарные частицы? Может, они тоже из каких-то еще более мелких деталюшек состоят?

Не вдаваясь в ненужные подробности, отвечу так: нет! Не состоят!

– Позвольте! – скажет мне какой-нибудь умный ребенок, поправляя пальчиком круглые очки. – Позвольте! Весь мой опыт говорит о том, что если по чему-то сильно стукнуть, оно развалится на части. Чашка на осколки, молекула на атомы, атомы – на эти ваши элементарные частицы. А если стукнуть по частицам, на что они развалятся, гражданин хороший?

– Какой умный мальчик! – отвечу я с некоторой робостью. – Проник в самую суть вещей! Стукнуть, говорит, надо. Именно так и поступают физики, когда изучают частицы! Они разгоняют их в специальных ускорителях и стукают друг об друга. А чем их еще стукнуть, чтобы разломать, если они – самые маленькие в мире? Вот их друг об друга и стукают.

И как вы думаете, что получается?

Элементарные частицы не разваливаются на составляющие, а превращаются в другие элементарные частицы. Причем эти превращения, которые называют ядерными реакциями, зависят от скорости, до которой разогнали частицы. То есть от той энергии, которую частицам сообщили. Дело в том, что энергия (скорость) может превращаться в вещество, в массу. И более того – при глубоком рассмотрении оказывается, что это одно и то же – энергия и масса, представляете! Мир един. Но об этом мы поговорим позже.

А сейчас познакомимся поближе с элементарными частицами. Они ужасно милые! (Вообще говоря, элементарных частиц довольно много. Но главных, из которых сделано все вещество в мире, всего три, как уже было сказано. Ими мы и займемся, а остальной вселенский мусор оставим взрослым физикам.)

С чего начнем?

Давайте с электрона. Он самый маленький, а маленьких обижать нельзя.

Итак, под свет прожекторов на сцену нашего внимания, раскланиваясь, выходит электрон. Что мы можем о нем сказать? Какого он цвета? Он шершавый? Он влажный, твердый, газообразный? Он теплоемкий?

Нет! Все те свойства, к которым мы привыкли в нашем большом мире (он называется макромир), не имеют никакого отношения к миру элементарных частиц (микромиру). Нет в микромире ни цвета, ни запаха, ни шершавости, ни твердости. Это все свойства макромира. Все эти свойства складываются из множества частиц, это макросвойства. А по отдельности частицы этих свойств не имеют.

А что же они имеют?

Ну, что есть у того же электрона? Ведь какие-то свойства у него должны быть! Иначе бы его не существовало! Ведь существовать – это значит проявлять себя как-то, то есть иметь свойства!

Да, некоторые свойства у электрона есть. У него есть масса. Про нее мы уже говорили – электрон очень легонький, самый легонький из всей троицы.

Электрон в 1820 раз легче протона. Для сравнения: если протон – это танк, то электрон – это одна канистра с топливом. Если протон – человек, то электрон – это авторучка в его кармане. Вот такая разница в массе.

Заметили, кстати, новый физический термин необыкновенной сложности – «масса»? Я его как бы между делом ввел. Надеюсь, не огорчил.

Что это такое? Масса – это просто количество вещества. Чем тело тяжелее, тем оно массивнее. Папа массивнее ребенка. Танк массивнее автомобиля. Солнце массивнее Земли.

Массу не нужно путать с весом. Хотя многие взрослые путают. Даже генералы и начальники. А, может, и сам президент. Между тем это совершенно разные вещи! Вес – это сила, с которой Земля притягивает массу. Сила, с которой массивное тело давит на опору, на которой лежит, или растягивает подвес, на котором висит. В космосе, в невесомости никакого веса нет, потому невесомость так и называется. Но все равно даже в невесомости толстый космонавт гораздо массивнее щуплого. И если они оттолкнутся друг от друга, то полетят в разные стороны с разными скоростями – толстый медленно, а щуплый быстро!

Потому что количество вещества в их телах разное, в толстом вещества много, а в худом кот наплакал.

Вес и масса физиками даже измеряются в разных единицах – масса в килограммах, а сила в особых единицах – ньютонах. Массу определяют с помощью весов, а силу с помощью специальных приборов – ньютонометров. Усекли?

Массу ученые люди еще называют мерой инертности тела. Действительно, массивное тело очень инертное, чтобы его разогнать, нужно много усилий потратить. А легкое тело и разогнать легче, его инертность мала.

Электрон очень легок. Его масса составляет столь мизерную величину, что ее написание потребует от меня особой внимательности – чтобы в нулях не ошибиться:

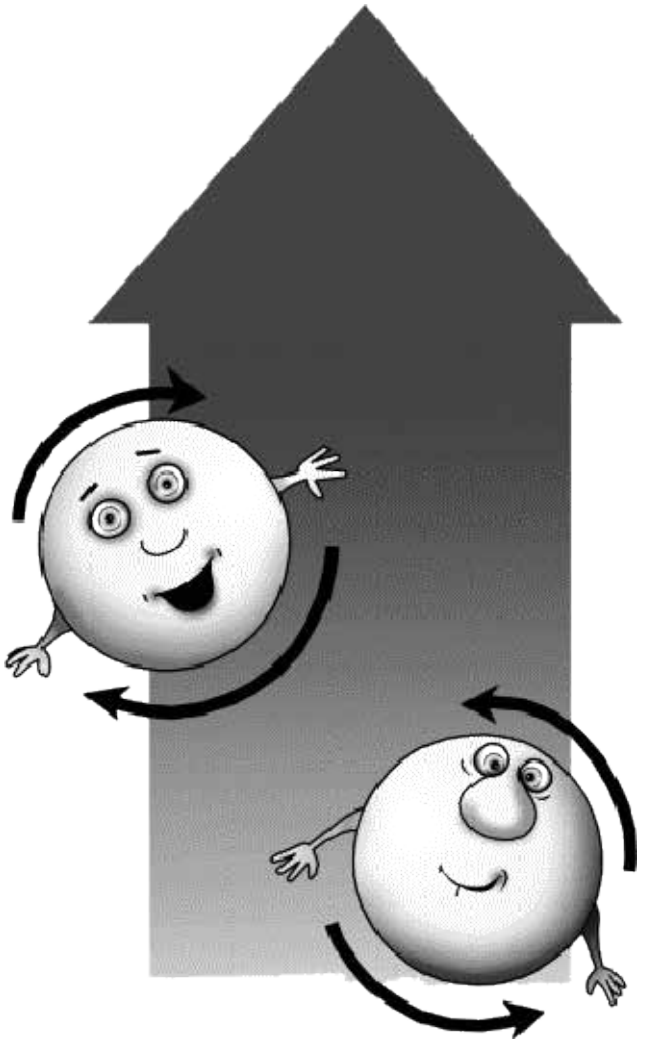
0,000000000000000000000000009 грамма – вот сколько весит электрон.

А еще у электрона есть размер. Он тоже крохотный:

0,00000000000000001 миллиметра – вот какого электрон диаметра.

Электрон можно представить себе, как маленький шарик, который вращается вокруг своей оси. Этакая малюсенькая планетка.

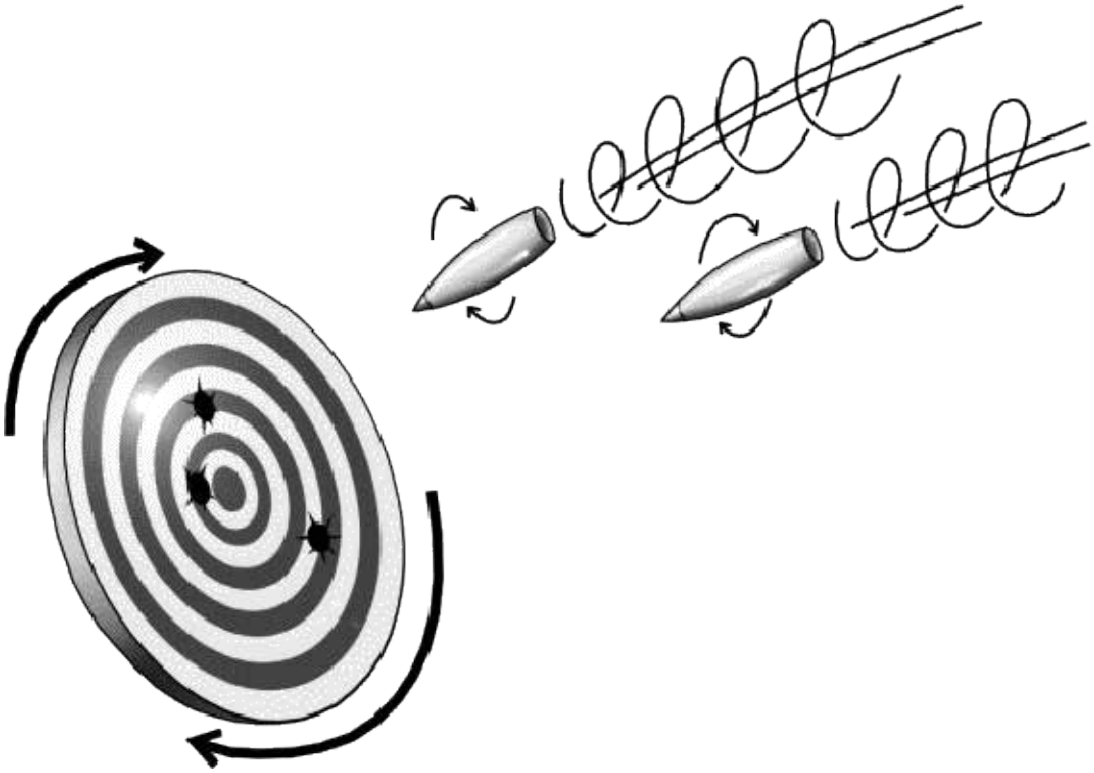
Причем, как вы понимаете, электрончик может вращаться или в одну сторону, или в другую, как это показано на рисунке ниже. И это тоже одно из свойств электрона – левое вращение или правое. По-научному вращение электрона называют спином. Не спиной, поскольку никакой спины у шарика нет, а спином. Спин – это собственное вращение электрона, от английского слова «spin» (вращение).



Вращение летящего в направлении стрелки электрона может быть правым или левым.

Если в винтовочном стволе правая нарезка, то вылетевшая из ствола пуля будет иметь вращение вправо. А если левая – влево. Теперь представьте, что мы стреляем в мишень, свободно закрепленную в центре и могущую вращаться. В этом случае пули с правым вращением, впиваясь в мишень, будут передавать ей свое вращение, постепенно раскручивая в ту же сторону – примерно как отвертка крутит винт.

Если мы не знаем, в какую сторону крутятся вылетающие из ствола пули, можно поставить опыт, стреляя по крутящейся мишени. В какую сторону она завертится, в такую и пули крутятся.



Правые пули закрутят мишень вправо, левые – влево.

Но спин – это сущая ерунда по сравнению с последним и самым загадочным свойством электрона. Свойство это называется зарядом. Но заряд не в том смысле, что электрон чем-то заряжен, как винтовка патроном, потому что патрон из винтовки можно вынуть. А этот загадочный заряд из электрона вынуть нельзя. Он ему присущ, он его часть. Он – главное его свойство. Электрон, собственно говоря, и есть заряд!

Что же такое заряд?

Этого никто не знает. Но зато мы знаем, как загадочный заряд проявляет себя. И вы сейчас это узнаете.

Давным давно люди заметили, что если кусочек янтаря натереть шерстяной тканью, он начнет притягивать маленькие кусочки бумажки. Янтарь – это окаменевшая сосновая смола. Наверняка у вашей мамы есть янтарные безделушки – кулончик или сережки. Безделушки надо приспособить к делу! Возьмите кулон, тщательно выковыряйте из оправы желтоватый янтарь (маме он больше не понадобится), возьмите шерстяной носок, нарвите бумагу на крохотные кусочки. После чего, потерев янтарь, попробуйте притянуть им бумажные клочки.

Надеюсь, вам не влетит за смелые исследования.

На указанное явление впервые обратили внимание те же древние греки, весьма вдумчивый народец. По-гречески янтарь – «электрон». И вы, наверное, уже догадались, что за притягивание бумажек отвечают электроны, раз эти частички физиками были названы в честь янтаря.

Действительно, в этом простом эксперименте человечество впервые столкнулось с

действием электрических сил, которые обусловлены электрическим зарядом.

Теперь-то мы к электричеству привыкли. Теперь мы без него жить не можем. Теперь у нас кругом розетки, которые больно бьют током догадливых детей, додумавшихся сунуть туда свой тонкий пальчик. Теперь нас просто окружает электричество, без коего и шагу не ступить. Стиральные машины, лифты, лампы, холодильники, троллейбусы и электрички, радиоприемники и телевизоры, заводы и фабрики – все работает на электричестве. Линии электропередач передают потребителям электрический ток, который вырабатывается электростанциями.

? А что такое электрический ток?

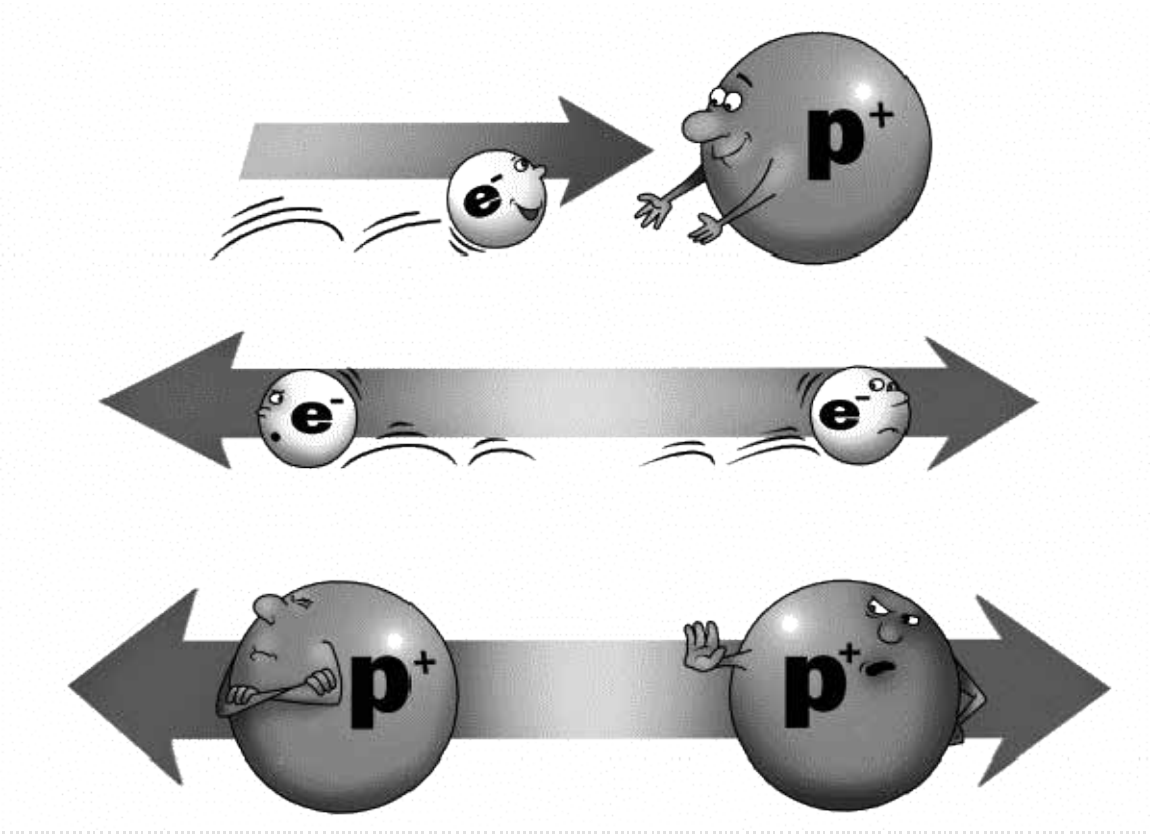
Нет ничего проще! Поток электронов – вот что такое электроток. Как река – это течение триллионов и биллионов молекул воды по руслу, так и электрический ток – это течение миллиардов электронов по металлическому проводу. Все металлы очень хорошо проводят ток. Это отличительное свойство металлов, на которое ученые давно обратили внимание. Сегодня в кристаллической решетке металла мы умеем организовывать организованное течение мириадов элементарных частичек под названием электроны. Греки добывали чуть-чуть электричества, натирая шерстью янтарь. У нас же теперь – целые электростанции, которые занимаются производством электроэнергии. Уйму тока дают!

Короче говоря, заряд электрона – это некое свойство, которое характеризуется… чем? Ясно, чем характеризуется масса. Инертностью! Чем массивнее тело, тем труднее его разгонять. Попробовали потолкать – ого! тяжеленное! А заряд как обнаружить?

А заряд проявляет себя тем, что он притягивается к другому заряду – противоположному.

Существуют два вида зарядов – положительный и отрицательный. Ничего положительного и отрицательного в бытовом смысле в них нет, они не хорошие и не плохие, просто их так назвали когда-то да и все. Обозначают положительный заряд знаком плюс – «+», а отрицательный знаком минус – «-». Эти знаки вы тыщу раз видели на разных батарейках. А если не видели, сходите да посмотрите. Мне кажется, лучше всего попробовать выломать батарейку из папиных часов с помощью молотка и отвертки.

Электрон является носителем отрицательного заряда, а протон – положительного. Разноименные заряды притягиваются друг к другу, одноименные отталкиваются. Это прекрасно видно на рисунке.



Притяжение и отталкивание электрических зарядов.

Вот так мы и к протону незаметно перешли. Посмотрим-ка на него внимательно.

Если электрон маленький, легонький и электроотрицательный (минус), то протон большой, тяжелый и электроположительный (плюс). Полная противоположность! При этом протон и электрон притягиваются друг к другу.

? А почему, собственно говоря, разноименные заряды притягиваются? И почему одноименные отталкиваются?

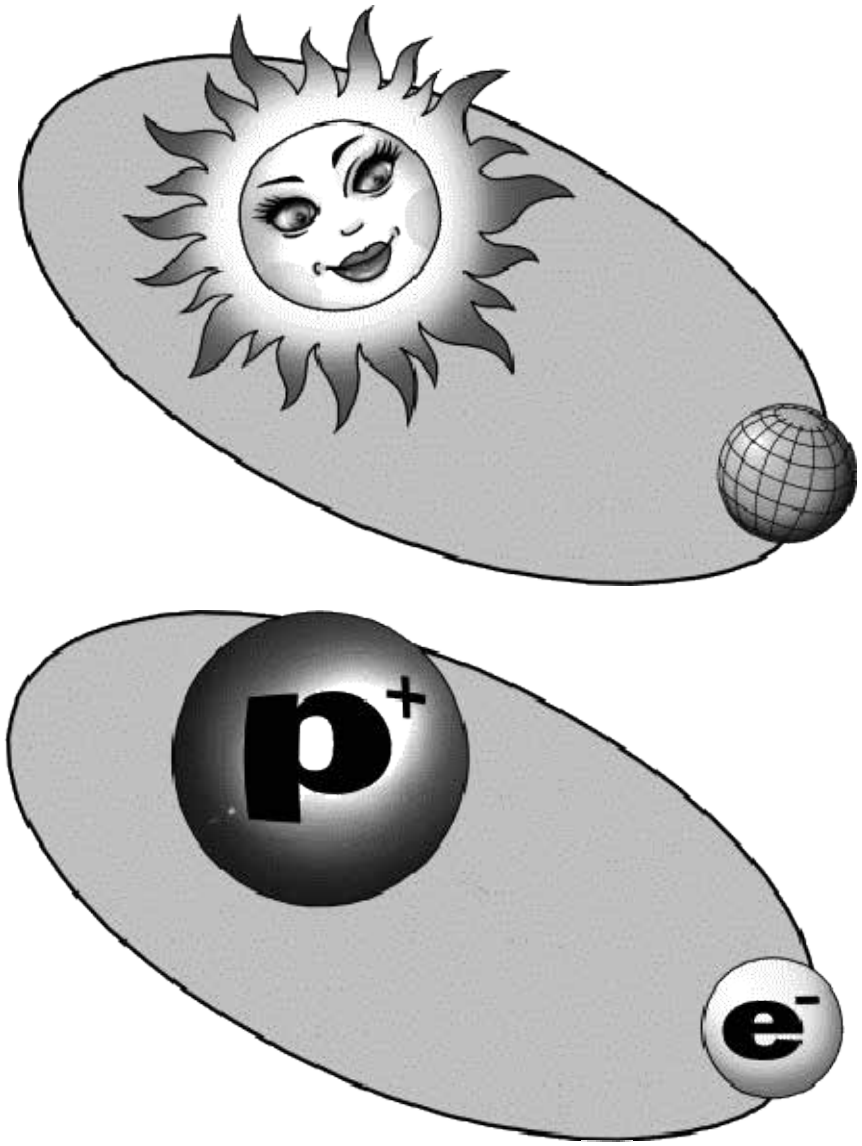
Этого никто не знает. Но это так! Уж такое это свойство – электрический заряд. Именно так оно себя проявляет. Понять, почему именно так, на современном этапе развития науки нельзя, можно только привыкнуть. Привычка вполне заменят понимание. Можно сказать, что привычка и есть понимание. Привык – и вроде как понимаешь.

Электрон и протон – на вид очень разные ребята. И масса, и размер у них разные. А вот заряд одинаковый – заряд протона в точности равен заряду электрона, только знак имеет противоположный.

Что еще сказать о протоне? По сравнению с электроном он просто гигант! Если вы забыли, я напомню – протон в 1820 раз тяжелее электрона. И по размерам, соответственно, больше.

Поскольку плюс и минус притягиваются, протон и электрон притягиваются друг к другу и могут образовать пару, напоминающую звездную систему. Только в звездной системе планета кружится вокруг светила, а тут электрон будет кружиться вокруг протона.

Самая простая подобного рода система состоит из одного протона, вокруг которого крутится один электрон.



Латинской буквой «Р» в научном мире обознается протон, а значком «е» – электрон. Плюсик обозначает положительный заряд у протона, минусик – отрицательный у электрона. Впрочем, это вы и так уже поняли, я думаю.

Аналогичные, казалось бы, системы. Только одна из них (звездная) существует в макромире, а другая (атомная) в микромире. Но разница, тем не менее, есть. И состоит она, главным образом в том, что планета и звезда электронейтральны, то есть не обладают зарядом (никто еще не догадался потереть Солнце шерстяной тряпочкой). А электрон и протон обладают зарядом, то есть их притягивает друг к другу электрический заряд. А планету к звезде притягивает сила всемирного тяготения, которая действует на все массивные тела. Та самая, которая бросает вас на землю, когда вы спотыкаетесь и падаете. Та самая, которая неудержимо влечет вниз любимую мамину чашку, которую вы взяли без разрешения и уронили. Почему она на пол-то летит, свинья такая?

Притягивается.

Все тела, имеющие массу, притягиваются друг к другу. И чем больше масса, тем сильнее.

Вообще-то говоря, электрон и протон тоже имеют массу и потому притягиваются друг к другу без всякого заряда. Но их массы такие крошечные, что не смогли бы устроить между ними устойчивую связь без помощи зарядов.

А знаете, что это такое у нас получилось – ну, когда один электрон мы запустили крутиться вокруг одного протона?

Это атом водорода.

Самый легкий химический элемент. Самое простое вещество на свете. Номер первый в таблице Менделеева. Всего-навсего один протон и один электрон – и вот мы уже имеем газ водород. Вообще-то, строго говоря, в атомарном состоянии водород как газ не встречается. Он существует в виде молекулы из двух атомов водорода – $\mathbf{H_2}$. Два атома водорода сцепляются вместе и образуют молекулу газа по имени водород. Но это уже мелочи. Главное, что нам удалось собрать всего из двух элементарных частиц первое химическое вещество. Для этого даже третья элементарная частица не понадобилась – нейтрон.

Нейтрон – парень скромный. Он не обладает таким ярким характером, как протон, хотя они очень похожи. У нейтрона почти такая же масса, как у протона, и практически такой же размер. Но заряда у нейтрона нет. Он нейтральный.

А на фиг он тогда нужен?

И вправду, мы вон вполне удачно собрали первое, правда, пока самое простое вещество всего из двух элементарных частичек. Так зачем нужен нейтрон?

Разгадку этой загадки я открою чуть позже. А пока скажу обтекаемо: природе нейтрон зачем-то понадобился. И уже в следующем химическом элементе он присутствует.

Давайте попробуем собрать что-нибудь посложнее водорода!

Как? Простая логика подсказывает: если у нас в простейшем веществе две частички, надо добавить еще одну – третью. Вот вокруг нашего Солнца вращается около десятка планет. И поскольку атом напоминает планетную систему, давайте запустим вокруг протона еще несколько электронов.

Это будет сложновато! Я ведь не зря выше сказал, что заряды протона и электрона равны. Положительный заряд протона уже скомпенсирован отрицательным зарядом электрона, который кружится вокруг него. У протона уже силенки не хватит притянуть и удержать еще один электрон.

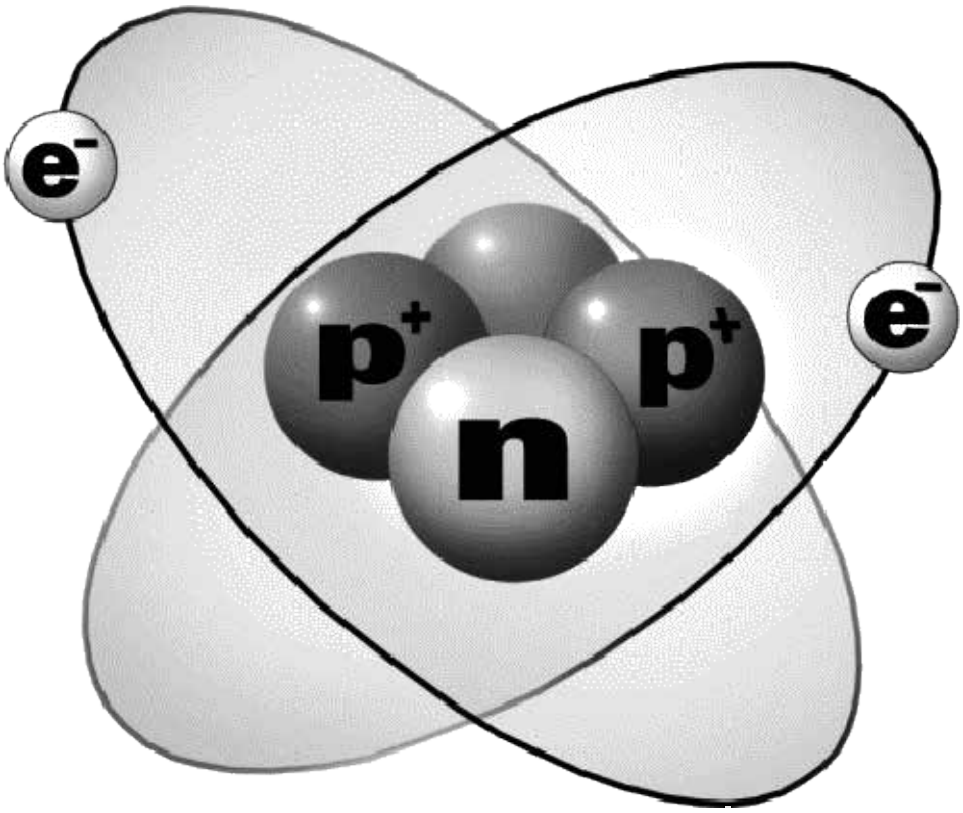
К тому же надо вот на что внимание обратить – атом водорода электронейтрален, то есть минусовый заряд электрона компенсируется в нем плюсовым зарядом протона. Потому и говорят, что для внешнего наблюдателя атом нейтрален. Все вещество, которое нас окружает, электронейтрально. А если случайно на нем накопится заряд, как на синтетической кофте, которую снимают через голову, или на янтаре, когда его шерстью потрешь, то вещество начнет притягивать мелкие предметы, потрескивать и даже искрить. Потрите резиновый воздушный шарик о голову, и он начнет волосы притягивать. Но это редкость, обычно вещество у нас в руках не искрит, не трещит, никуда ничего не притягивает и вообще ведет себя прилично. Нейтрально.

Поэтому если нам надо создать вещество, поимеем в виду, что оно должно быть электронейтрально, то есть число плюсиков в его атоме должно быть равно числу минусиков.

Значит, чтобы собрать что-то посложнее водорода, нужно в дополнение ко второму электрону на орбите всобачить ему в центр (в ядро) еще один протон. Потому что один протон два электрона не удержит, заряда не хватит. А два протона запросто удержат два электрона. И тогда все уравновесится – в ядре атома будет два плюсовых заряда от двух протонов, а вокруг будут крутиться два электрона с двумя минусовыми зарядиками. И в целом атом останется электронейтральным.

И таким образом что у нас получилось?

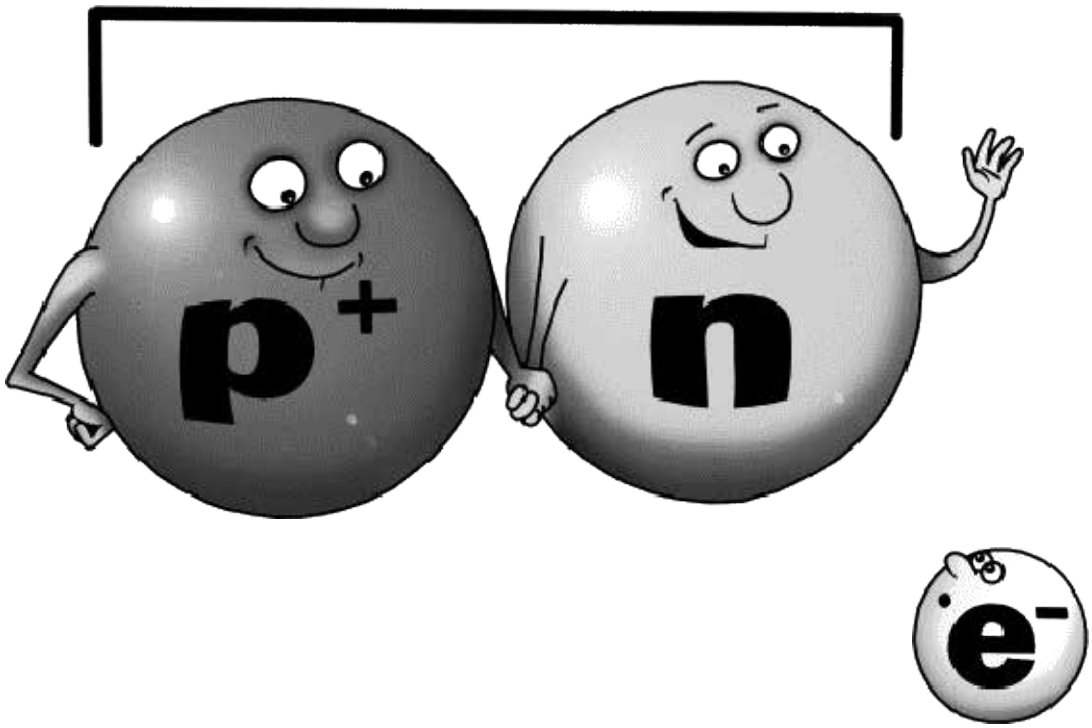
У нас почти получился гелий – вещество номер 2 в таблице Менделеева. До настоящего гелия ему не хватает только двух нейтронов в ядре. Добавим их, и получится гелий.



Атом гелия – два протона, два нейтрона, два электрона. Отлично поработали!

Природа устроила так, что количеству протонов в ядре атома приблизительно соответствует количество нейтронов. То есть если мы будем сооружать атом, например, с 10 протонами в ядре и 10 электронами на орбитах, то нам придется вдуть в ядро еще с десяток нейтронов. Балласт.

Поскольку протоны и нейтроны очень похожи (за исключением заряда), их часто называют одним словом – нуклоны. Ядро атома состоит из нуклонов, а вокруг кружатся в бесконечном вальсе электроны. Прелестно!



Из этих трех деталюшек складывается весь наш мир.

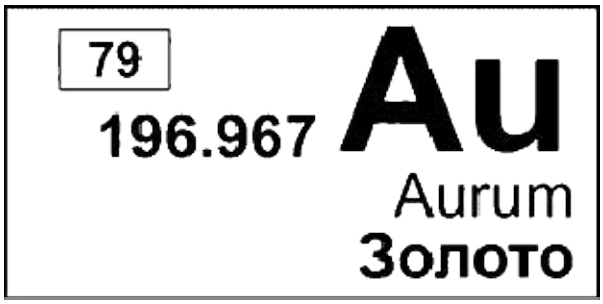
Ну, вот, собственно, и все! Вся природа у нас в кармане! Теперь нами понят ее главный принцип.

Как собрать следующий, третий по счету химический элемент в таблице Менделеева? Очень просто. Берем три протона, три нейтрона и три электрона. Нуклоны скатываем, как снежок, в одно ядро, вокруг запускаем три штучки электрончиков – и получаем литий. Литий – это уже не газ. Это уже легкий металл. Самый легкий металл на свете.

Вы, надеюсь, уже нашли водород, гелий и литий в таблице Менделеева…

А теперь поступим так. Найдите-ка в таблице наше родное и всеми горячо любимое золото. Стойте!.. Лучше, чтобы вы не листали книгу туда-сюда, я просто сам перенесу из таблицы Менделеева клеточку с золотом сюда. И расположу ее чуть ниже золотых слитков.

Золото. Согласитесь, посмотреть приятно! Эти бы слитки да в хорошие руки!



А вот клеточка из таблицы Менделеева, где томится золото.

Мы видим тут значок золота – Au (аурум) – и две цифры. Верхняя – это порядковый номер элемента в таблице Менделеева. У золота № 79. Почему такой?

Отчего золото оказалось в периодической таблице элементов под номером 79?

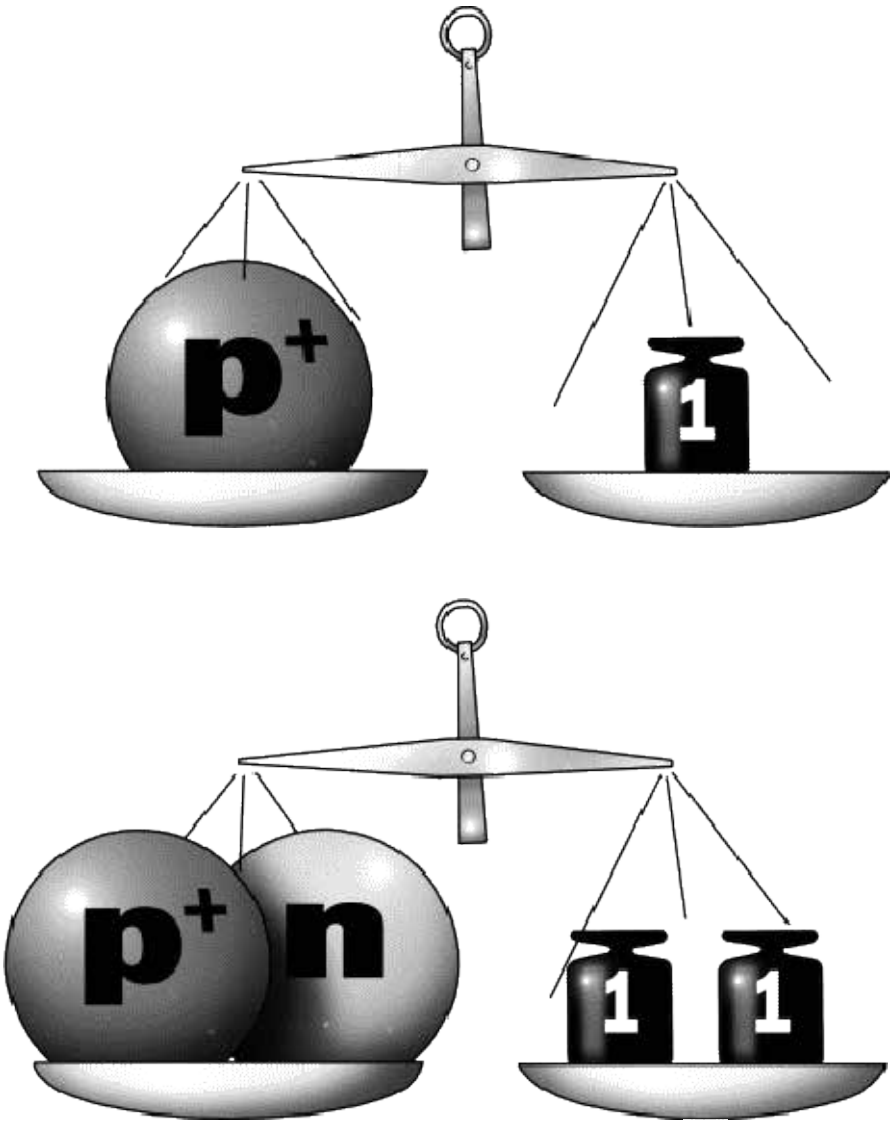
Не знаете? А могли бы и догадаться! Вспомните, как мы строили первые три простейшие вещества. У первого, водорода – один протон и один электрон. У второго, гелия – по два. У третьего, лития – по три. Уловили закономерность? Порядковый номер – это

количество протонов в ядре атома и электронов на орбите, вот и все! Если элемент стоит в таблице Менделеева пятым, то это только потому, что у него пять протонов в ядре, а вокруг кружатся 5 электронов.

А вторая цифра, которая внизу, что значит? Выглядит она страшно, но пугаться не стоит. Это атомная масса. Только выражена она не в килограммах или граммах, а в атомных единицах, где гирькой служит нуклон. 1 нуклон – это одна единица массы. Два нуклона – две единицы атомной массы. Крайне просто.

Иногда еще атомную массу называют атомным весом.

Мы знаем, что вес и масса – разные вещи, но так сложилось в науке, что атомный вес является синонимом атомной массы. Примем это как данность. Жалко что ли? Мы же говорим «чайник закипел», хотя кипит вовсе не чайник, а вода в чайнике.



В мире атомов вес измеряется в атомных единицах

Так вот, каков атомный вес водорода? Одна атомная единица! Потому что в его ядре один нуклон. А у гелия? Четыре! Потому что в ядре гелия четыре нуклона – две гирьки протонов, а еще и две гирьки нейтронов. (Электроны при определении атомного веса не учитываются из-за чрезвычайной легкости.)

Проще говоря, атомная масса, которая указана возле каждого элемента в таблице

Менделеева до запятой – это общее количество нуклонов (протонов и нейтронов) в его ядре.

Посмотрите, в ядре атома золота 196 частиц. Протонов там, как мы уже выяснили, 79 штук. Все остальное – нейтроны. Возьмите калькулятор и посчитайте… Не хотите? Ну, ладно, я за вас посчитаю:

196 – 79 = 117

Получается, у золота 117 нейтронов в атоме.

Внимательный детский глаз может, еще раз оглядев клеточку золота, вырезанную из менделеевской таблицы, послать сигнал в хитрый детский мозг, и мозг озаботится ненужным вопросом:

– Дяденька писатель! А что там еще за цифры стоят после запятой? Ну, после 196?

Ох, не хотел я вам этого говорить, дети, хотел утаить, но раз к стенке приперли, придется расколоться.

Это очень трудно, друзья мои! Не каждый взрослый об этом знает! А вы поймете за одну минуту.

В обычном нормальном атоме золота, как мы уже выяснили, 117 нейтронов и 79 протонов. Но иногда встречаются атомы-уродцы. Довольно редко. У них есть лишние нейтроны. Как иногда у людей бывает по шесть пальцев на руках. Нечастое явление.

Предположим, на тысячу нормальных атомов приходится один дефектный. И если в норме в атоме золота 117 нейтронов, то иногда встречаются «вспухшие» уродливые атомы, в которых 118 нейтронов. Все помидорчики как помидорчики, а у одного помидора какой-то уродский вырост на боку. Ничего, мы и такой съедим.

Атомы-уродцы называют изотопами. Именно из-за них, кособоких паразитов средний вес всех атомов отличается от целого числа. Что понятно: если у нас из десяти атомов все десять имеют атомный вес в 6 единиц, то и средний атомный весь будет равен ровно шести:

(6+6+6+6+6+6+6+6+6+6): 10 = 6

А вот если один из десяти атомов имеет вес в 7 единиц, средний вес изменится:

(6+6+6+6+6+7+6+6+6+6): 10 = 6, 1

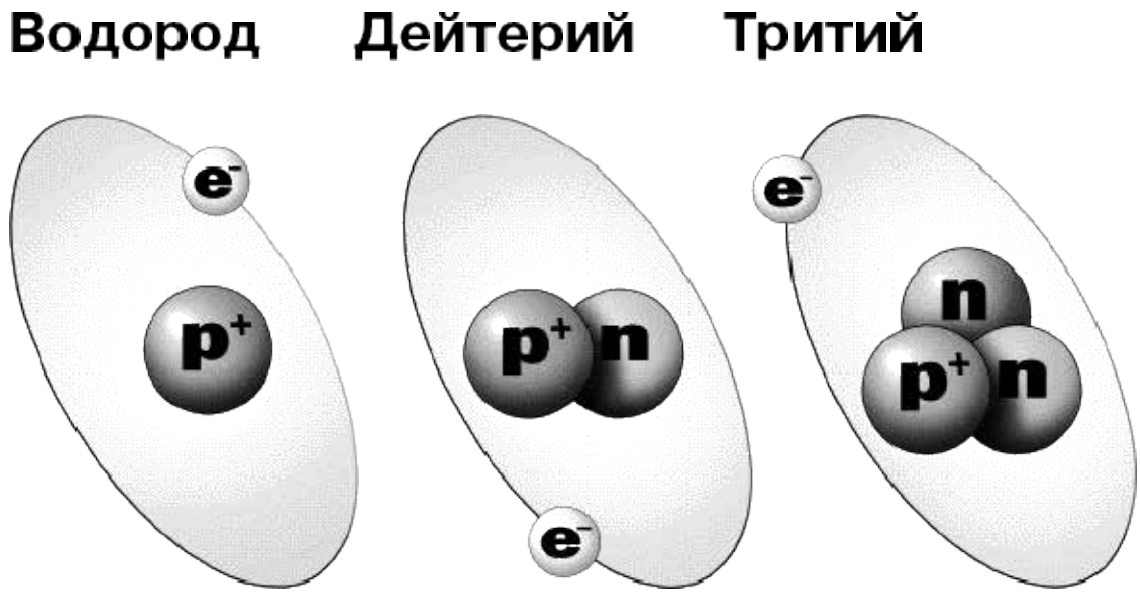
Видите, после запятой появилась циферка, которая говорит о том, что не «все шестерки одинаковы».

Если вы внимательно посмотрите на атомные веса элементов в таблице Менделеева, то увидите, что все они не являются целыми числами. Значит, каждое элементарное вещество имеет уродливые атомы. Даже водород. Хотя, казалось бы, проще водорода ничего быть не может – один протон, вокруг которого крутится один электрон, вот и весь атом. Эта не какой-нибудь свинец, у которого в ядре больше двух сотен нуклонов, а вокруг этого огромного ядра кружится больше восьмидесяти электронов!

Однако все же бывают атомы водорода, в ядре которых, кроме протона, есть еще и нейтрон. Один. А порой и два! Такой водород называют тяжелым. Потому что его атом тяжелее обычного.

На рисунке ниже нарисованы атомы нормального водорода и редкие уродики, а также написано, как эти уродики называются.

Но так как атомы-уродцы встречаются редко, говорить мы о них пока прекращаем. Я рассказал вам про изотопы лишь затем, чтобы объяснить наличие циферок после запятой. Вы на эти циферки просто внимания не обращайте да и все.



Вы теперь и так знаете слишком много! Вы представляете, по каким принципам строится вещество. Берите любой атом из таблицы Менделеева и рассказывайте про него маме или даже папе. Задавайте контрольные вопросы. Проверяйте усвоенный материал.

А пока взрослые морщат лоб и мычат в свое оправдание что-то типа «я, конечно, в школе учи-и-ил, но забы-ы-ыл», мы с вами возьмем сейчас тот же хлор и натрий, из которого ранее соль поваренную делали, и посмотрим, что тут к чему.

Натрий. Легкий металл. Как он сделан? Его номер 11-й. Значит, 11 протонов и 11 электронов. Атомный вес натрия – 22. То есть в ядре 22 нуклона.

22 нуклона минус 11 протонов = 11 нейтронов. Все. Атом натрия готов.

Теперь хлор надо собрать по инструкции дяденьки Менделеева.

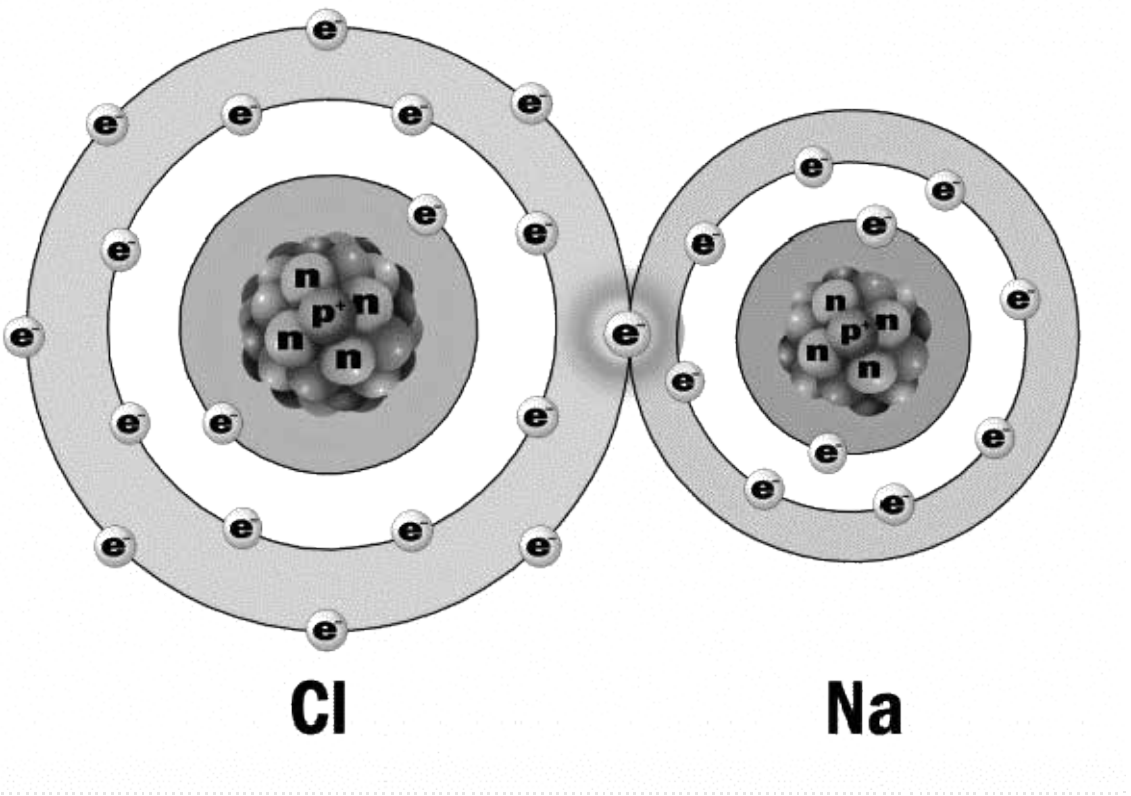
У хлора номер 17. То есть 17 протонов и 17 электронов. Атомный вес (число нуклонов в ядре) – 35.

35 – 17 = 18 нейтронов. Все, собрали хлор.

Теперь соединяем два этих атома – хлора и натрия, – зацепив один за другой колечками самых дальних электронных орбит, и получаем сложное вещество – молекулу поваренной соли.

Так строятся все вещества – сцепляясь дальними орбитами электронов. При этом дальние электрончики, которые крутились на этих орбитах, становятся как бы общими для обоих ядер.

Все, можно стереть пот со лба. Мы освоили химию и физику элементарных частиц. Слава Менделееву! Науке слава!



Молекула поваренной соли – хлорид натрия. Кушать подано!

Теперь осталась одна маленькая деталь, которую нужно знать каждому приличному ребенку. Один маленький штрих, который завершит картину мироздания, сделав ее в ваших блестящих глазах более полной и блестящей.

Итак, мы знаем, что практически все окружающее нас вещество электронейтрально. Если вы дотрагиваетесь до шкафа, он не бьет вас током. Потому что в веществе шкафа количество положительных зарядов равно количеству отрицательных. Его атомы электронейтральны.

Но что будет, если атом потеряет один или два электрона? Вот такой рассеянный атом. Может такое быть? Может! Какое-нибудь сильное воздействие может парочку электрончиков у атома оторвать.

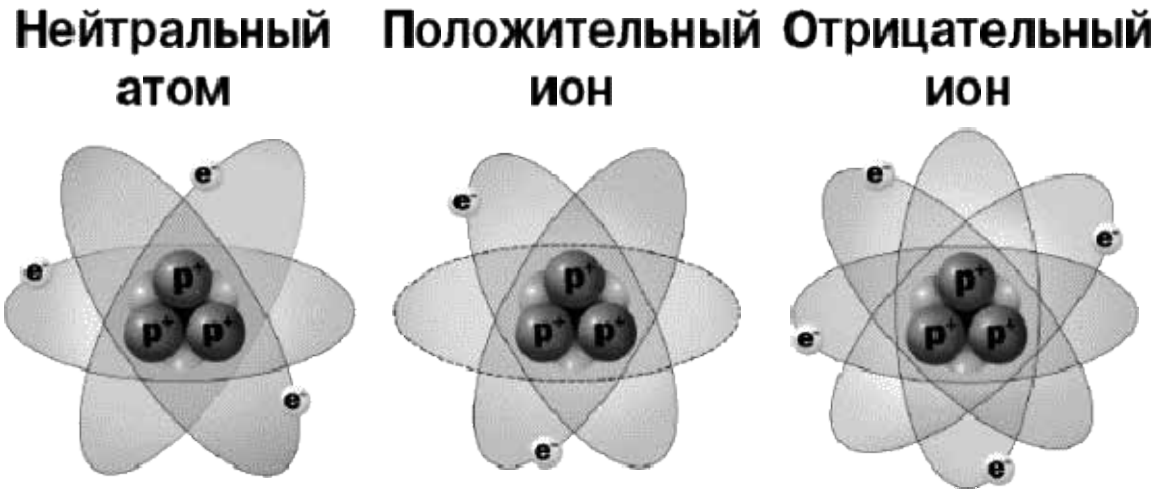
Вы скажете (подсмотрев в таблицу Менделеева):

– Ха! Даже если такое случится, невелика потеря! Вокруг ядра атома могут крутиться под сотню электронов! Например, у радия их 88. Некисло так! Подумаешь, пару потеряет…

Однако потеря даже одного отрицательного заряда означает избыток заряда положительного. Если атом теряет электрон, значит у него остается один «лишний», нескомпенсированный протон. И атом в целом таким образом приобретает положительный заряд **+1**.

А если атом теряет два электрона, то он приобретает заряд **+2**.

Бывает и наоборот – когда к атому присоседится какой-нибудь приблудный лишний электрон. В этом случае атом получает один отрицательный заряд **-1**.



Случаи бывают разные…

Такие заряженные атомы называются ионами.

? Когда происходит подобное? Из-за чего атомы могут, например, терять электроны?

Это бывает при высоких температурах, то есть тогда, когда атомы газа имеют большую энергию и скорости, носятся, как сумасшедшие, сталкиваются друг с другом. Мы ведь с вами помним, что частота и скорость соударений и есть температура. В обычном воздухе скорость соударений молекул невелика. А вот на Солнце раскаленный газ имеет температуру в тысячи (на поверхности Солнца) и даже десятки миллионов градусов (внутри нашего светила). Я сказал «на Солнце»? Это немного неточно. Скорее, «в Солнце». Потому что Солнце представляет собой раскаленный газовый шар. В основном оно состоит из водорода с небольшой примесью гелия.

Так вот в этих условиях скорость соударения атомов водорода такова, что «крышу срывает» у атомов на всю катушку. Атомы разрушаются, электроны слетают со своих орбит и начинают метаться одни, так же, как и протоны. Получается хаотическая электронно-протонная смесь или, иначе говоря, ионизированная плазма.

Плазма – горячая смесь ионов. Огонь – это тоже плазма. Только в обычном пламени костра или свечи содержание ионов не такое большое, как на Солнце, потому что температура ниже.

Я загрузил вас новыми словами – «ионы», «плазма». Но зато теперь вы можете похвастаться тем, что знаете целых четыре состояния вещества!

Первое – твердое. Атомы и молекулы в таком веществе крепко держатся друг за друга, никуда не бегают, а только чуть-чуть дрожат и топчутся на одном месте, образуя кристаллическую решетку.

Второе состояние вещества – жидкое. Здесь уже энергетика частичек вещества такова, что они ломают кристаллическую структуру, рушат тесные ряды и начинают хаотически бродить, будучи не в силах удержаться в твердой структуре. Растекаются. Но еще не разлетаются друг от друга.

Разлетаться они начнут в третьем состоянии вещества – газообразном, которое наступит при дальнейшем нагреве, то есть дальнейшей накачке вещества энергией. Тогда скорость атомов станет уже такой, что силы их притяжения не смогут сдерживать энергичность расшалившихся атомов. Они просто разлетятся друг от друга и рассеются в пространстве.

Если же газ собрать в каком-то закрытом объеме или просто удерживать мощной силой гравитации (как на Солнце) и продолжать нагревать, то энергетика атомов станет уже такой огромной, что при столкновении друг с другом будут разрушаться уже сами атомы – с них

начнет срывать электронные шубы. И останутся только ионы, ионизированный газ – плазма. При этом газ начнет светиться, что говорит о его высокой температуре.

Плазма – это прекрасно. Мы любим смотреть на плазму…

Глава 4
Сила есть – ума палата!

Все вроде у нас хорошо, не правда ли? Мы познали основу основ – как устроено вещество.

Теперь, подойдя к папе, а лучше к маме, потому как папа может еще что-то помнить из института, можно устроить женщине строгий экзамен по теории вещества и уличить в полной научной беспомощности. После чего патетически воскликнуть: «И этот человек запрещает мне ковырять в носу!»

Однако остались еще некоторые тонкости, которые наверняка ускользнули от вашего внимания. И самая главная непонятка вот какая…

Мы теперь знаем, что плюсовый заряд и минусовый притягиваются, поэтому электрончик охотно тянется к протону, образуя атом. А вот одноименные заряды отталкиваются. Почему же тогда плюсовые протоны группируются вместе кучкой в центре атомного ядра?

Хороший вопрос. Умеете вы задавать трудные вопросы!

Действительно, если подумать, то ведь протоны должны разлететься друг от друга со страшной силой!

Вообще говоря, именно так и происходит. Если мы возьмем два свободных протона и начнем их осторожно подкатывать друг к другу, то нам это сделать не удастся – они не захотят даже приближаться друг к другу и будут отталкиваться с ужасной силой. И только приложив к ним еще более страшную силу и добавив немного нейтронов, мы вдруг увидим чудо – склеились!

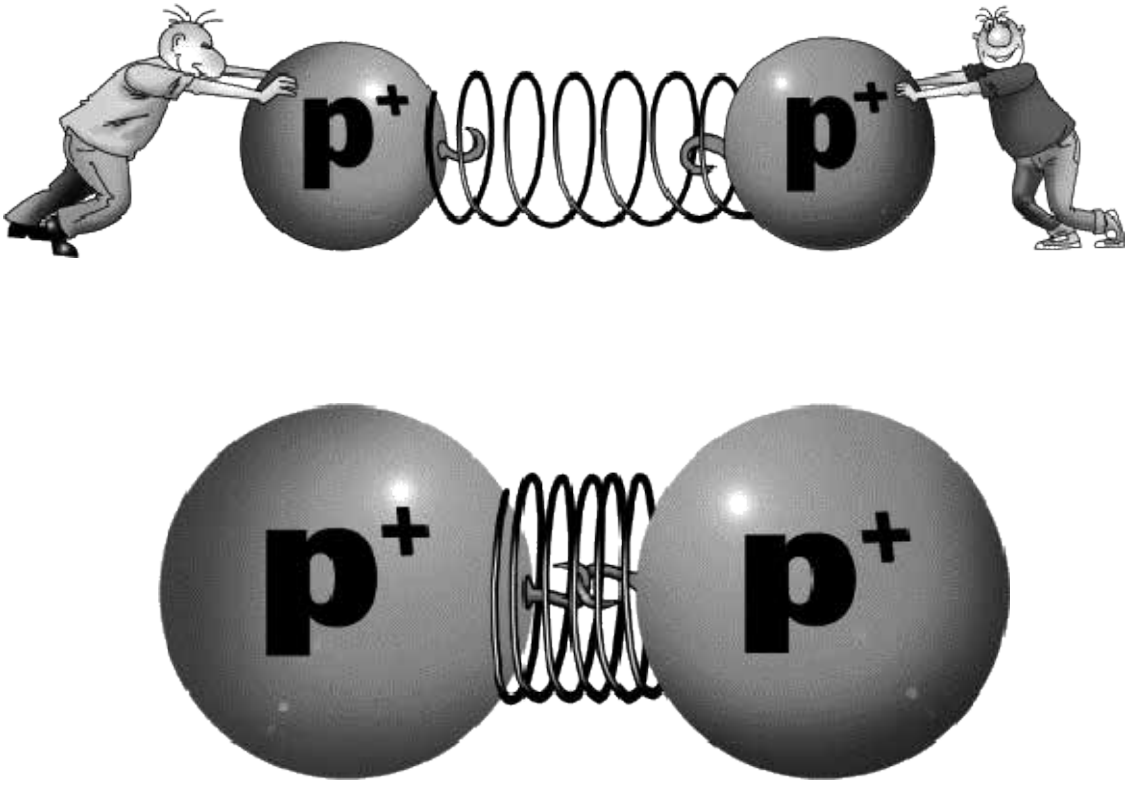
Как же так? Почему? Что их удерживает, если силы электростатического отталкивания стремятся раскидать протоны, которые отталкиваются друг от друга, потому что положительно заряжены? Что пересиливает? Что держит?

Отвечу: ядерные силы.

Ядерные силы – это очень мощные силы, которые намертво скрепляют нуклоны в ядре.

Но силы эти очень короткодействующие. Если силы электромагнитные действуют на дальних дистанциях, то ядерные – лишь в пределах размеров атомного ядра.

То есть, прикладывая громадные усилия по противодействию электростатическому отталкиванию, нам надо сблизить нуклоны настолько, чтобы короткие, но очень мощные ручки ядерных сил схватили их и начали противостоять длинным, но тонким и относительно слабым ручкам электростатики.



Отталкивающая пружина – электрические силы. Крючки – ядерные силы

Ядерные силы – самые мощные силы в природе. Их по-другому даже так и называют – сильное взаимодействие.

Еще раз: сильное взаимодействие – это сцепление нуклонов на короткой дистанции, в пределах размеров атомного ядра.

Но даже этих мощных сил не хватило бы, чтобы удержать в ядре одни только протоны, без нейтронов. Вот вам и ответ, зачем природе понадобились нейтроны. Для склейки ядер! Поскольку у нейтронов заряда нет, а ядерные силы есть, нейтроны таким образом «разбавляют» общий положительный заряд ядра, уменьшая электростатическое отталкивание. И только потому большие ядра могут стабильно существовать.

Причем чем больше номер химического элемента, то есть чем больше в нем протонов и, стало быть, электростатического отталкивания, тем больше требуется нейтронов для разбавления. И потому чем ниже и правее расположен элемент в таблице Менделеева, чем он тяжелее, тем больше в нем нейтронов по сравнению с протонами. Если у углерода на 6 протонов приходится 6 нейтронов, то у ртути, например, на 80 протонов идет не 80, а целых 120 нейтронов.

И еще момент. Вы, разглядывая таблицу Менделеева, не задавались вопросом: а отчего в этом наборе элементарных веществ (химических элементов) всего порядка сотни наименований?

В таблице Менделеева на сегодня больше ста элементов, но самые тяжелые из них, с номером более 92 в природе не встречаются и были получены искусственно учеными в ядерных реакторах. Почему же сверхтяжелые элементы (так называют элементы тяжелее урана) не встречаются в природе?

Потому что их ядра нестойкие. Даже образовавшись, они вскоре распадаются. Они такие большущие, что их размеры превышают радиус действия короткодействующих ядерных сил. Которые уже не могут дотянуться с одного края атомного ядра до другого. И ядро разваливается, как разделяется слишком большая капля под собственным весом.

Именно поэтому в нашем мире меньше сотни элементов. Ничего, хватает, чтобы построить целый мир и озадаченно ковырять в носу, разглядывая его…

Ну, и раз уж мы заговорили о стабильности, надо упомянуть один постыдный факт из

жизни нейтронов. Он заключается в следующем – в отличие от протонов и электронов свободные нейтроны нестабильны.

В ядрах атомов нейтроны прекрасно существуют. А вот оставшись в одиночестве, быстро «умирают». Время жизни свободного нейтрона всего 15 минут.

Что же с ними случается? Свободный, одинокий нейтрон распадается на протон и электрон. Нейтрон как бы выстреливает электроном, который уносится в пространство. И на месте бывшего нейтрона остается одинокий протон.

Помните, мы говорили, что нейтрон и протон имеют практически одинаковую массу? Их масса различается практически на один электрон. Иными словами, нейтрон тяжелее протона всего лишь на массу одного электрона. Нейтрон как бы состоит из протона и электрона в одном флаконе. Но именно «как бы», поскольку он является самостоятельной солидной частицей со своими свойствами, и никакого электрона «внутри» нейтрона не содержится, электрон образуется в момент распада, в результате распадной реакции.

И я вам больше скажу: в атомном ядре нейтроны и протоны постоянно превращаются друг в друга, словно перебрасываясь плюсовым зарядом. Эта перепасовка выглядит так – бросил протон нейтрону подачу и превратился в нейтрон. А нейтрон, принявший пас, стал протоном. Вот так они и живут там, внутри ядра – в постоянной паутине зарядовых перепасовок. Поэтому физики иногда говорят, что протон и нейтрон – это одна и та же частица, только в разном зарядовом состоянии. Поэтому их и объединили под общим названием – нуклон. Нормально?

Теперь сообщу вам еще одну тонкость, без которой наше погружение в микромир будет неполным. Эта тонкость столь тонка, что доставила в свое время ученым немало головной боли. Они давно обнаружили, что при распаде нейтрона образуются протон и электрон, но у них не сходился энергетический баланс. Ну, то есть до реакции распада в системе (у нейтрона) была одна энергия, а после распада – чуть меньшая: в сумме протон и электрон не давали той энергии, которую имел нейтрон. Куда-то исчезал кусочек. Таких вещей физики не любят!

У физиков самые суровые законы – это законы сохранения массы, энергии, заряда…

Сколько было чего-то до эксперимента, столько и должно остаться после опыта. Это понятно: если вы взяли вазу и ударили ее молотком, разбив на куски, то все осколки вместе будут весить столько же, сколько целая ваза. Потому что масса не может исчезнуть или взяться из ниоткуда!

То же самое с энергией – если до реакции было столько-то энергии, значит после реакции ее должно столько же и остаться. Она ведь никуда не исчезает и не берется из ниоткуда, она просто переходит в другие формы.

То же самое с зарядом. Общий заряд до эксперимента должен быть равен общему заряду после эксперимента.

С зарядом все обстояло прекрасно. Нейтрон заряда не имеет, то есть заряд у него нулевой. А после распада нейтрона получается протон с зарядом +1 и электрон с зарядом -1. Плюс один и минус один дают в сумме ноль. То есть и после реакции распада общий заряд системы остался нулевым. А вот небольшая доля энергии куда постоянно исчезала.

– Может быть, при этой реакции образуется еще одна какая-то частичка – без заряда и крайне маленькая, которую мы не умеем пока задержать? Она-то и уносит недостающую энергию, – задались вопросом ученые люди, наморщив лбы.

Так оно и оказалось. Частичку эту назвали нейтри́но. У нее нулевой электрической заряд (как у нейтрона), огромная скорость и еще одно свойство, из-за которого ее так долго не могли поймать – она почти не реагирует с веществом. Нейтрино может прошить свинцовую плиту толщиной от Земли до Солнца. Солнце излучает триллионы триллионов этих нейтрино, и кажду секунду они прошивают нас и всю Землю насквозь, а нам наплевать.

Нет взаимодействия!

Зачем я вам рассказал про нейтрино? Зачем вам обращать свое драгоценное внимание на эту ничтожную частичку, если она нас совершенно не замечает, прошивая насквозь, никак не реагируя?

Я преследовал две причины. Во-первых, чтобы вы понимали – хотя учеными открыто уже довольно много всякой ерунды в микромире, типа нейтрино, но главными для нас все равно являются вот эти три частицы – электр**о**н, прот**о**н, нейтр**о**н. Из них сделано все вокруг нас.

А во-вторых, мы с вами уже имеем представление о двух главных силах в природе или, иначе говоря, двух основных взаимодействиях, а сейчас узнаем третье – вот как раз с помощью нейтрино.

Напомню, потому что повторенье – мать ученья, а мать надо любить:

1) есть ядерные силы, которые сцепляют протоны и нейтроны внутри ядра, сопротивляясь силам электрического отталкивания положительно заряженных протонов.

2) и есть эти самые силы электрического отталкивания и притяжения между частицами.

Вот две силы природы, которые мы уже знаем… Только я хочу вас попросить об одном одолжении. Уж уважьте старика! Давайте вместо «сила» будем говорить «взаимодействие». Я понимаю, что слово «сила» вам нравится больше, потому что оно привычнее. Но мы с вами теперь ученые люди, и нам пристали более точные слова и выражения. А мне представляется, что слово «взаимодействие» точнее и умнее. Так что вместо «ядерные силы» и «электромагнитные силы» скажем «сильное взаимодействие» и «электромагнитное взаимодействие».

Вообще все, что происходит в этом мире, все-все-все движения и явления…ну вот буквально все без исключения объясняется всего четырьмя взаимодействиями. Половину мы уже знаем.

Сильное взаимодействие сцепляет нуклоны в ядре, позволяя ядрам существовать. Без него ядер атомов просто не могло бы быть.

Второе взаимодействие – электромагнитное. Оно отвечает за притяжение разноименных зарядов и отталкивание одноименных. Плюсик отталкивается от плюсика, минус от минуса; а вот плюсик с минусиком притягиваются, словно магнитики. Поэтому минусовые электрончики охотно подлетают к положительно заряженным ядрам атомов и начинают вокруг них свое счастливое самозабвенное кружение.

Таким образом, электромагнитное взаимодействие обеспечивает нам существование уже не ядер атомов, а самих атомов в сборе. А поскольку все вокруг нас состоит из атомов, электромагнитное взаимодействие для нас является главным. Оно отвечает за все, что происходит в макромире вокруг нас. За всю химию, например, то есть за все химические реакции. Вся наука химия – это сплошное электрическое взаимодействие зарядов. Сила трения – тоже проявление электромагнитного взаимодействия. И фазовые переходы – таяние льда, испарение воды. Горение дров в печке. Работа нашего организма. Любовь к маме. Свет в окошке… Все это – проявление электромагнетизма.

Но если все вокруг нас – проявление всего двух сил, точнее, взаимодействий, то зачем нужны еще два взаимодействия? Зачем их четыре, если можно обойтись двумя?

Зададимся вопросом: а вот распад нейтрона – это какое взаимодействие? Нейтрон один-одинешенек, значит, никакие ядерные силы со стороны других нуклонов на него не действуют. И он электронейтрален – никакие электромагнитные силы на него тоже не действуют. Но он вдруг раз – и распадается. Под воздействием каких-то внутренних сил. Каких? Эти силы называют слабыми – в противовес сильным ядерным.

Слабое взаимодействие! Третье по счету. Именно оно отвечает за распад частиц. Казалось бы, пустяк. Но если бы не слабое взаимодействие, никакой жизни на нашей планете не было бы. Потому как слабое взаимодействие отвечает за те ядерные реакции, которые идут в Солнце и обеспечивают его свечение. Солнце – источник жизни на Земле. Основной поставщик энергии. Без слабого взаимодействия это было бы невозможно. Именно оно

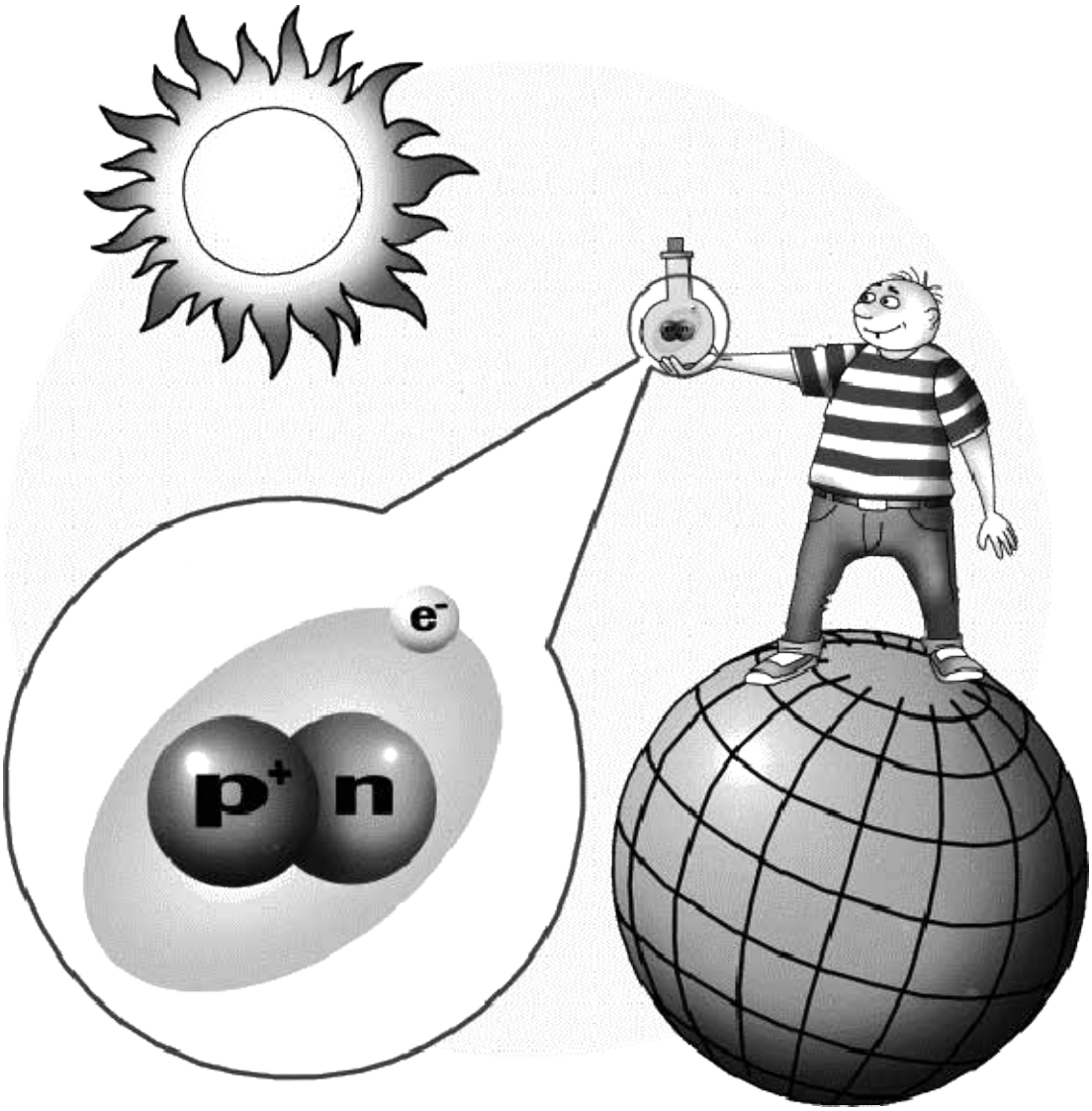
ответственно за те реакции, которые дарят нам тепло и свет.

Ну, а четвертая сила природы, четвертое и последнее взаимодействие – гравитационное. То, что мы ходим по поверхности планеты, а не улетаем в мировое пространство; то, что яблоки и прочие предметы падают на пол, а Земля крутится вокруг Солнца, подставляя ему то один, то другой бочок для обогрева и освещения, – это следствие гравитации, то есть всемирного тяготения. Без него нас бы тоже не было.

Все тела, имеющие массу, притягиваются друг к другу. Сила этого притяжения невелика, поэтому между не очень тяжелыми предметами совершенно незаметна. Вы, например, притягиваетесь к маме, но не падаете на нее, как камень на землю, потому что силы этого притяжения слишком малы. И только там, где в ход идут гигантские массы, типа массы нашей планеты, сила всемирного тяготения становится заметной и набивает шишки при падении. Земля притягивает, и это прекрасно.

Вот все четыре взаимодействия, которые существуют в природе. Больше никаких нет. И они за все происходящее в мире отвечают. Посмотрите на рисунок, там все прекрасно показано.

Теперь, узнав про это, вы стали необыкновенно умными. То ли еще будет!



Все происходящее в мире определяется четырьмя видами взаимодействий.

Глава 5
Колдуны и ученые

Человечество существует десятки тысяч лет. А наука в современном понимании этого слова существует лет двести. Ну, пусть триста. А до этого человечество слепо тыкалось в природу, норовя путем проб и ошибок чего-то достичь в практическом смысле. И вот, поднакопив знаний, человечество стало их систематизировать, анализировать и заложило основу науки. После чего прогресс и развитие цивилизации ускорились. Развитие человечества пошло невероятно быстро.

Даже вы, мой юный или не очень читатель, знаете об устройстве мира больше, чем знало все человечество пятьсот лет назад. Вы знаете, как устроено вещество. А раньше человечество об этом даже представления не имело. И потому в Средние века, то есть лет пятьсот – шестьсот назад была весьма популярной идея сделать золото из какой-нибудь дряни.

Люди, которые этим занимались, назывались алхимиками. Алхимия – предтеча химии, то есть невзрачное сухое зернышко, из которого потом выросло прекрасное растение науки по имени химия.

Алхимиков очень любили средневековые правители. Они выделяли им пару комнат в своих замках, и алхимики проводили там свои опыты – нагревали в банках и ретортах разные вещества, смешивали их в случайном порядке, пытаясь достичь результата. В основном их работа была направлена на поиск трех вещей:

– панацеи (лекарство от всех болезней),

– эликсира бессмертия (средство для вечной жизни)

– и философского камня, который бы превращал разные вещества в золото.

В надежде на эти прелести средневековые владельцы замков и оплачивали безумные опыты алхимиков, которых в народе считали колдунами.

Чаще всего алхимики пытались с помощью разных ухищрений превратить в золото ртуть и свинец. Почему?

А посмотрите в таблицу Менделеева! Где расположены ртуть и свинец? Рядом с золотом! То есть по тяжести они почти одинаковы. Точнее говоря, почти одинаковы по плотности. Интуиция подсказывала алхимикам, что раз у этих металлов похожи некоторые свойства (плотность), значит, копать надо в этом направлении, сделать еще какой- то шажок, чего-нибудь добавить, и серый невзрачный легкоплавкий мягкий тяжелый свинец превратится в желтое сверкающее мягкое тугоплавкое тяжелое золото.

Увы! Не получилось.

И мы теперь знаем, почему.

Потому что золото – химический элемент, то есть простейшее вещество. Сложное вещество можно собрать из простых. Сложное вещество можно разложить на простые. И если бы золото было веществом сложным, его можно было бы сконструировать из химических элементов, как поваренную соль можно сделать химическими методами из натрия и хлора, а воду – из водорода и кислорода.

Но золото вещество простое, это элементарная деталька химического конструктора природы. Из деталек можно собирать что-то более сложное химическими методами. А вот золото собирать не из чего: оно само уже сделано из элементарных частиц.

? Почему нельзя превратить свинец в золото?

Свинец имеет номер 82 и атомный вес 207 единиц. То есть в его атомном ядре 82 протона и (207 – 82) = 125 нейтронов.

А у золота номер 79 и вес – 196. То есть в его ядре 79 протонов и 117 протонов.

Чтобы превратить атом свинца в атом золота, нужно как-то вынуть из его ядра три протона и догрузить восемью нейтронами. Потом надо смахнуть с орбиты лишние электроны. И это нужно сделать с каждым атомом свинцового слитка, а этих атомов в 1

грамме свинца больше, чем звезд на небе.

Вы не знаете ближайший магазин, где продаются вразвес нейтроны? А где можно достать такой пинцет и такой микроскоп, чтобы увидеть атом и с ним поработать? Нет такого пинцета! Потому что пинцет сам состоит из атомов.

Невозможно.

Именно это слово возникло в голове у химиков, когда наука узнала, как устроено вещество. Им оставалось только улыбаться, вспоминая наивные попытки средневековых алхимиков.

Ну, невозможно превратить один химический элемент в другой! Никак нельзя.

И всем это стало понятно.

Каково же было удивление ученых, когда они узнали, что иногда одни химические элементы все-таки превращаются в другие! Сами по себе. Правда, в количестве одного атома, а не всего слитка целиком.

Почему так бывает?

А помните мы говорили про изотопы? Это такие атомы-уродцы, у которых на один-два лишних нейтрона больше, чем у собратьев. Так вот, эти лишние нейтроны, чувствуя свою ненужность плотной семье атомного ядра, впадают в меланхолию и кончают жизнь самоубийством.

Распадаются.

Так бывает не всегда. Есть стабильные изотопы, в которых нейтронам живется хорошо, они водят хороводы и всячески прославляют жизнь внутри атомного ядра, даже не думая распадаться. Но не все изотопы столь благостны.

Газ неон, например, которым заполняют неоновые лампочки, имеет стабильные изотопы. В норме у «здорового» атома неона 10 нейтронов на 10 протонов. Но среди нормальных атомов встречаются и изотопные, у которых 12 нейтронов. Ничего, прекрасно себя такой неон чувствует. Неон-22 столь же устойчив, что и неон-20. Цифра здесь – это атомный вес, как вы поняли.

Есть стабильные изотопы и у кислорода. Например, кислород-17 и кислород-18. В норме атомный вес кислорода – 16 единиц (если не верите, гляньте в табличку дедушки Менделеева), но если присутствует лишний нейтрончик, то вес вырастает на единичку, и получается O^{17}. А если два лишних нейтрона – O^{18}.

Науке на сегодняшний день известно несколько сотен стабильных изотопов у разных элементов и несколько тысяч нестабильных.

Нестабильные – самые интересные! Возьмем, например, нестабильный изотоп углерода. Он называется углерод-14 или кратко – C^{14}.

Углерод имеет номер 6 (проверьте, не соврал ли дядя-писатель) и атомный вес 12. То есть у нормального, прилично себя ведущего углерода 12 нуклонов в атомном ядре – 6 протонов и 6 нейтронов.

А вот у «больного» углерода на два нейтрона больше, соответственно атомный вес, измеряемый в гирьках нуклонов, у него составляет 14 единиц. Потому и зовут его углерод-14.

Такой больной атом с раздутым нейтронным флюсом долго не живет. Впрочем, смотря что называть словом «долго». Срок его существования измеряется тысячелетиями. По сравнению с человеческой жизнью это много, конечно. Но если сравнивать с нормальными ядрами, которые «живут» вечно, то это просто миг.

Что же происходит с C^{14} после «смерти»? Как он заканчивает свой жизненный путь?

Один из лишних нейтронов распадается. Мы уже знаем, что при этом получается – протон, электрон и нейтрино. Легкий электрон и совсем невесомое нейтрино выстреливаются из ядра с огромными скоростями и уносятся, как пули, прочь, а тяжелый

протон остается в ядре. А что это значит?

Это значит, что в ядре стало на один протон больше, то есть углерод превратился в азот! Именно у азота в ядре 13 протонов. Можете посмотреть в таблице Менделеева.

Вообще, это удивительно! Свойства химического элемента, как мы знаем, определяются количеством протонов в ядре его атома. И вот к каким переменам приводит добавление всего одного лишнего протона… Углерод (6 протонов) – черный, твердый, пачкающий материал. Посмотрите на грифель простого карандаша – это чистый углерод. А азот (7 протонов) – прозрачный газ без запаха. Тем не менее, углерод превратился в азот, стоило появиться там лишнему плюсовому заряду. Понятно, что превратился в азот всего один-единственный изотопный атом из миллионов окружающих его нормальных углеродных, но все равно интересно.

Срок жизни атома-уродца по имени Углерод-14 составляет… А сколько же он составляет? Выше я написал, что несколько тысяч лет. Почему так неточно? Что дяде-писателю помешало написать точный или хотя бы приблизительный срок жизни C^{14}?

А то помешало, что у атома изотопа углерода нет определенного срока жизни. Он может прожить минуту, а может сто тысяч лет. Предсказать это никоим образом невозможно – таковы законы микромира. Но зато мы может предсказать другое!

Мы совершенно точно можем указать период полураспада, то есть тот срок, за который распадется половина атомов-мутантов. Для углерода-14 он составляет 5700 лет. То есть из миллиона атомов-мутантов через 5700 лет распадется 500 тысяч. Через следующие 5700 лет распадется еще половина – 250 тысяч. Еще через один период полураспада снова распадется половина – 125 тысяч. И так далее.

То есть в микромире мы можем предсказывать поведение только больших ансамблей микрочастиц. А поведение одной частицы предсказать не можем. В этом элементарные частицы схожи с людьми, между прочим! Мы не можем предсказать, пойдет ли конкретный Вася Пупкин сегодня в магазин или накатит рюмку и проспит весь день дома, а в магазин отправится завтра. Но мы, изучив статистику, можем точно сказать: ежедневно этот магазин посещают около четырех тысяч человек. А каковы их фамилии, неважно.

Таким образом элементарные частицы обладают своим собственным непредсказуемым поведением.

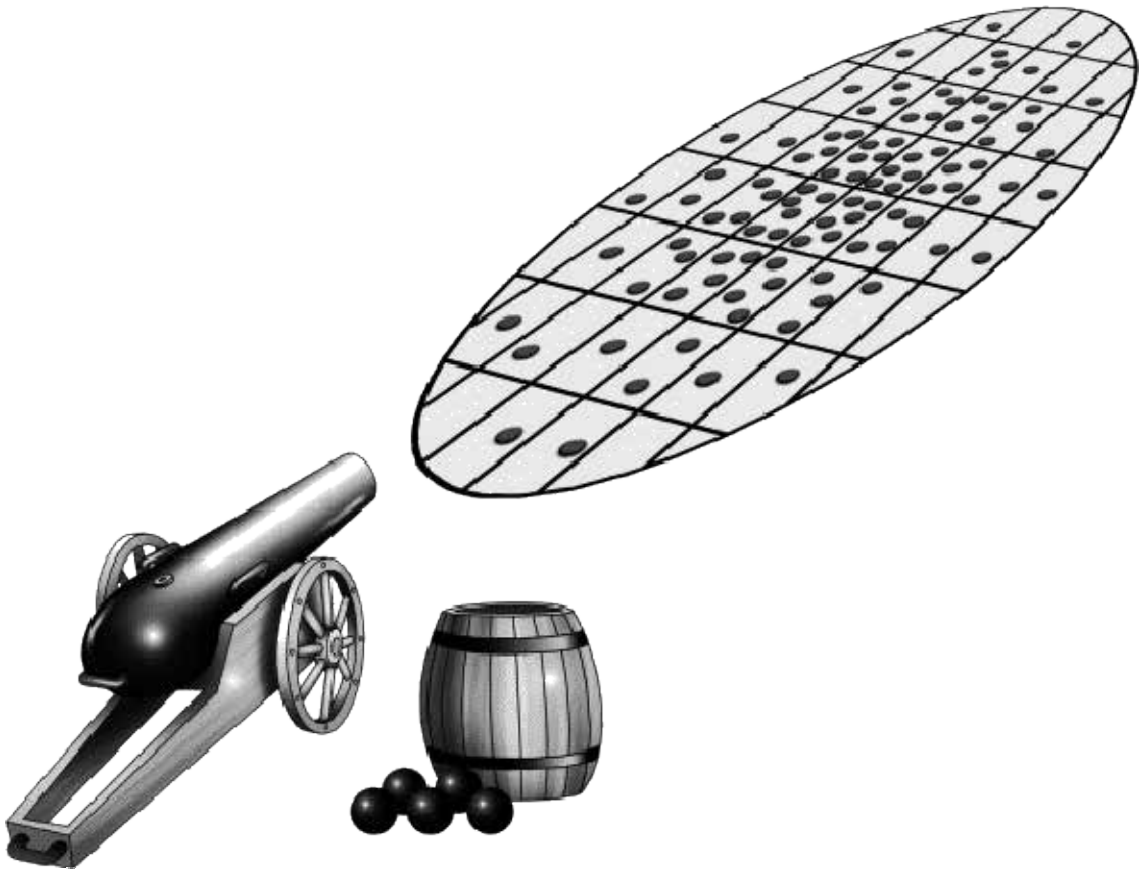
Мы не в состоянии предсказать поведение частицы не потому, что чего-то еще не знаем про ее свойства или устройство, а потому, что такова природа вещей – в наш мир на уровне элементарных частиц вшита принципиальная непредсказуемость. Именно поэтому мир не фатален, то есть непредсказуем, ведь он состоит из непредсказуемых частиц! Мы может делать краткосрочные прогнозы с той или иной степенью точности и уверенности, но все до конца предсказать невозможно. Даже указанная выше статистика имеет погрешности – я имею в виду пример с магазином. Да, мы знаем, что его ежедневно посещает около четырех тысяч человек плюс-минус сто. Откуда мы это знаем? Из опыта! Таковы данные наблюдений со времени открытия этого магазина. Никогда там не было за день менее 3900 человек и более 4100. А в среднем – 4 тысячи.

Значит, можно сделать предсказание: и завтра тоже придут четыре тысячи плюс-минус сотня. Эта неточность в предсказании – следствие общемировой непредсказуемости.

Вот, казалось бы, математически точная наука баллистика – она рассчитывает, куда упадет снаряд из пушки при определенном угле возвышения ствола и скорости вылета. Строгие формулы всегда дают однозначный вариант: снаряд упадет в такую-то точку. Однако на практике снаряд может упасть чуть правее или чуть левее, чуть дальше или чуть ближе расчетной точки. Предсказать, куда шваркнется данный конкретный снаряд, невозможно. Но известно, что снаряды всегда падают в некую область, которая называется эллипсом рассеивания. И потому совершенно точно мы можем лишь сказать: с вероятностью

в 100 процентов снаряд попадет в эллипс рассеивания. Это – свидетельство несовершенства мира, его непредсказуемости, вшитой в саму основу бытия – в законы существования элементарных частиц.

Запомните – любое измерение всегда неточно, всегда в пределах определенного допуска. Каждый прибор имеет ошибку измерения. Любое предсказание тоже неточно. Правда, в большинстве бытовых ситуаций точность расчетов такова, что вполне нас удовлетворяет и все наши потребности покрывает. Скажем, напряжение в розетке может чуть-чуть колебаться, отклоняясь от положенных 220 вольт. Но приборы, рассчитанные на 220 вольт, эти небольшие штатные колебания выдерживают, поэтому можно не волноваться. И так везде.



Эллипс рассеивания. Так ложатся снаряды – гуще всего в центре, реже по окраинам.

Вот так вот, друзья мои! Период полураспада – это вам не фунт изюму.

Но зато, зная период полураспада углерода-14, ученые придумали, как определять возраст старинного предмета, если он содержит углерод. Как правило, речь идет о возрасте деревяшек – например, найденных остатках древнего корабля, стреле охотника или угольке первобытного костра. Деревяшки – это сплошной углерод, в древесине его просто уйма. Недаром слова «уголь» и «углерод» одного корня.

Так вот, пока дерево живет, оно дышит. Дышат растения, как знает каждый старый и малый, углекислым газом, который мы выдыхаем. А растения, наоборот, выдыхают кислород, которым дышим мы с вами. Поэтому растения для нас очень полезны не только потому, что мы их едим. Мы без растений просто жить бы не смогли.

Углекислый газ – сложное вещество, состоящее из простейших химических элементов: одна молекула углекислого газа сделана из двух молекул кислорода и одной молекулы углерода – CO_2. Дерево своими зелеными листочками поглощает углекислый газ. Зеленые листочки – это реакторы. В них в результате сложной реакции, проходящей при участии солнечного света, молекула углекислого газа разрывается, кислород вылетает, а из углерода

дерево строит себя – ствол. А мы с вами потом выделенный кислород вдохнем, выдохнем углекислый газ, а ствол срубим и сожжем, разбивая кочергой угольки в печке.

Так вот, строя свой ствол из углерода воздуха, дерево накапливает не только нормальные атомы углерода, но и уродливые – нестойкие изотопы C^{14}, которые там одновременно накапливаются и потихоньку распадаются.

А когда дерево срубают на дрова или чтобы сделать из него корабль, оно дышать перестает. А значит, в нем перестает накапливаться углерод, включая углерод-14. И дальше изотоп только распадается. Его становится все меньше и меньше и меньше. Через 5700 лет останется половина. Еще через 5700 лет еще половина… Зная количество углерода C^{14} в воздухе и измерив, сколько его осталось в древней деревяшке, ученые узнают, когда дерево было срублено и отправлено в костер или на строительство.

Достали археологи со дна моря древний корабль, отдали образцы на анализ и получили возраст, когда корабль был построен. Правда, таким методом нельзя определить совсем уж древние образцы, потому что примерно через 40–50 тысяч лет углерод-14 распадается почти весь, его остается так мало – буквально считаные атомы, что определить возраст предмета уже не представляется возможным.

У вас может возникнуть вопрос. Ну, хорошо, дерево срубили, оно перестало дышать и накапливать этот изотоп из воздуха. Но в воздухе-то он откуда берется? Почему в воздухе он до сих пор весь не распался за миллионы и миллиарды лет существования нашей планеты? Он что, там постоянно образуется?

Конечно! Если бы не образовывался, давно бы уже не было на Земле никакого C^{14}.

В верхних слоях атмосферы углерод-14 постоянно образуется из атмосферного азота под воздействием космических лучей, то есть активного солнечного излучения. Сначала космические лучи, сталкиваясь с веществом атмосферы, вышибают из него нейтроны. А уже эти вышибленные одинокие нейтроны сталкиваются с ядрами атомов азота.

Что получается? Простая формулка ядерной реакции написана ниже:

$$n + {}_7N^{14} = {}_6C^{14} + p^+$$

Страшная формула? Да ничего подобного! Простенькая. Тут все как на ладони. Смотрите, нейтрон (n) налетает на ядро атома азота (N), имеющего 7 протонов и атомный вес в 14 единиц. И вышибает из него один положительно заряженный протон (p^+). В результате получается элемент № 6, то есть с шестью протонами в ядре, а это углерод. Можете проверить по таблице Менделеева, если не верите. Атомный вес ядра при этом не меняется, поскольку на месте выбитого протона остается нейтрон.

Вот так в атмосфере все время образуется углерод-14. Этого углерода в атмосфере нашей планеты образуется каждый год… как вы думаете, сколько? Сразу скажу: не замахивайтесь на большие числа. Правильный ответ – около 8 килограммов. А всего углерода-14 в атмосфере Земли – 75 тонн.

Способность изотопов распадаться называют радиоактивностью. Это слово вам, наверное, известно. Оно всем известно и всех пугает, особенно взрослых. Это слово сразу связывается в их сознании с атомными бомбами, на месте взрыва которых остается радиоактивное загрязнение, которое убивает людей. Ведь энергию своего взрыва атомные бомбы получают как раз за счет распада изотопов тяжелых металлов. Так же как и атомные электростанции, кстати.

Об этом стоит поговорить подробнее…

Глава 6
Маша и радиоактивность

Это теперь мы такие умные. А всего каких-нибудь сто лет назад люди ничего ни о радиоактивности, ни о строении атомов толком не знали. Ну, то есть были, конечно, идеи,

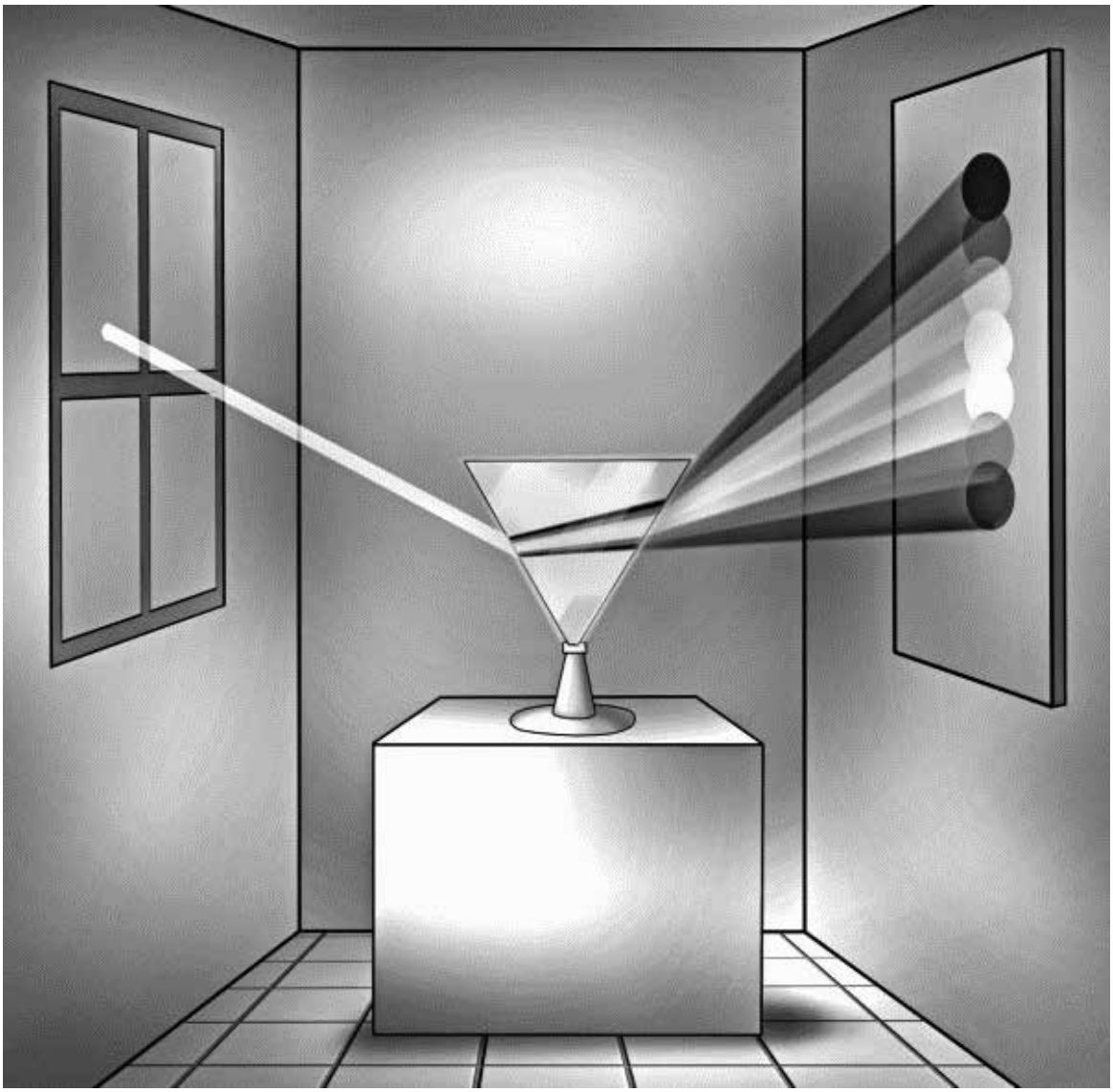
что вещество состоит из мельчайших неделимых крупинок – атомов. А те в свою очередь – из частичек, имеющих положительный и отрицательный заряд. Но дальше этих идей дело не заходило.

Кроме того, было также понимание, что в нашем мире, помимо вещества, существует еще нечто. И это нечто – лучи. Излучение. Лучший пример – свет. Ведь свет – это же не вещество! Это нечто отличное от вещества. Ну и назовем его лучами!

Люди изучали солнечные лучи, наблюдая, как они преломляются в стеклянных призмах и как фокусируются стеклянными линзами. Лучи пропускали через дырочки, решетки, наблюдали за тенями… В XVII веке английский физик Ньютон открыл дисперсию света – он направил тонкий солнечный луч на грань стеклянной призмы и увидел, как белый луч разложился на семь цветов радуги.

– Ага! – смекнул Ньютон. – Значит, белый цвет состоит из семи разных цветов, это смесь!

То есть вот как получается – сложные химические вещества состоят из элементарных, а сложный белый свет – это смесь более простых, элементарных «светов». Интересно. Но что же такое свет по природе своей?..



Дисперсия света – разложение одинокого солнечного луча, пропущенного через дырочку в непрозрачном экране на отдельные цветные лучи. Схема ньютоновской установки

? Что такое свет?..

Ньютон думал, что свет – это поток летящих от Солнца мельчайших частичек – корпускул. Другие ученые считали иначе. Нет, говорили они, свет – это волна!

Волна?

Почему волна? Какая такая волна? Что за странная идея?

Объясню… Что такое волны, мы прекрасно знаем. Каждый видел волны на поверхности моря, озера или реки… Волна – это не вещество, волна – это процесс, который происходит в веществе. Мы смотрим на море и видим: волны бегут. Причем, что интересно, волны-то бегут, а вода не бежит! Вода остается на месте. Частички воды (молекулы) просто периодически колеблются, поднимаясь то вверх, то вниз, создавая иллюзию перемещения воды. Волна по поверхности воды действительно распространяется, а вот сама вода остается на месте, точнее, синхронно колеблется вверх-вниз.

Понятно? Сейчас будет понятно.

Волна бежит, а среда, по которой распространяется волна, остается на месте.

Вы можете привязать прыгалки или веревку к дверной ручке и пускать по ним волну. Волна будет бежать по прыгалкам, но сами прыгалки, как видите, никуда не бегут, а остаются на месте – между дверью и вашей рукой. Они просто колеблются.

Важнейшее свойство волны – она всегда распространяется по чему-то, по какой-то среде. По воде, по прыгалкам, по воздуху.

Именно с помощью воздушных волн мы слышим друг друга.

Мама ртом пускает воздушную волну, она воздействует на ваши барабанные перепонки, а вы старательно делаете вид, что не слышите, как она зовет вас убирать игрушки или спать. Потому что спать вы еще не хотите, а убирать игрушки вообще бессмысленное и даже вредное дело, они и так лежат там, где должны – на полу, под рукой. Так что лучше

мамину звуковую волну не слушать, а почитать эту книгу. В конце концов, если ей нужно, пусть сама уберет. А вы ей это вредное дело, уж так и быть, простите, ибо великодушие ваше безмерно.

В общем, волна всегда распространяется в чем-то. А если ничего нет, то и волны быть не может – на чем же ей распространяться, коли нету ничего! Колебаться-то нечему! А на нет, как говорится, и суда нет.

Но раз так, то по чему, по какой такой среде распространяется свет, если он волна? Явно не по воздуху. Потому что свет может распространяться и в космосе, далеко от Земли, где земная атмосфера заканчивается. Именно так, через пустоту космическое излучение и прилетает на нашу планету. Как же оно по пустоте распространяется, если пустота – это ничто, а значит не по чему волнам распространяться! Но лучи от Солнца запросто доходят!

И с чего вообще эти ученые, которые спорили с Ньютоном, взяли, что свет – это волна? Что за странная идея вообще?

А эти ученые-физики занимались изучением волн – разных. Они исследовали свойства волн. И нашли, что у волн тоже есть свойства. Ну, например, скорость распространения. Скорость волны в среде определяется свойствами этой среды – чем плотнее среда, тем быстрее бегут по ней волны. Скорость звука в воздухе – 330 метров в секунду. Зная ее, можно определять, насколько далеко от вас вспыхнула молния на небе. Если после вспышки молнии звук грома донесся до вас через 5 секунд, значит, молния ударила примерно в полутора километрах:

330 × 5 = 1650 метров = 1,65 км

А вот в металле скорость звука значительно выше, чем в газе. Если вы ударите молотком по стальному рельсу, то звуковая волна по нему побежит со скоростью примерно 5000 м/с. Пять километров в секунду!

Кроме того, у волн оказались и разные другие свойства. Например, волны могли складываться или, напротив, гасить друг друга, создавать разные причудливые картины в зависимости от разных условий.

И вот все эти свойства волн физики обнаружили у света! Значит, свет – это волна, решили они. И значит, никакой пустоты в космосе нет, а есть особая среда – мировой эфир, по которому бежит волна, которую мы воспринимаем как свет. Вот так вот, милейший Ньютон!..

О том, кто оказался прав – Ньютон или его оппоненты, мы поговорим позже. А сейчас нам надо просто знать, что к концу позапрошлого века у физиков было довольно примитивное понимание: в мире существуют лучи и вещество. Вещество при этом состоит из атомов. А атомы – из положительных и отрицательных зарядиков. Нейтроны тогда еще не были открыты, хотя наука всячески пыжилась, изучая вещество, и вот однажды столкнулась с явлением распада этого самого вещества. Позже процесс распада вещества назвали радиоактивностью.

Обычно, рассказывая об открытии радиоактивности, говорят о Марии Склодовской-Кюри. Не будем и мы отказываться от этой хорошей традиции. Тем более, что женщина в науке – явление редкое, как изотоп, и потому достойное тщательного разглядывания через лупу.

Мария считается французским физиком, но происхождения она польского, так как родилась в Варшаве. А поскольку Варшава тогда была под управлением Москвы, можно по праву сказать, что она – наша соотечественница, то есть подданная Российской империи, которой тогда принадлежала Польша. Соответственно, Маша прекрасно говорила по-русски. Причем есть еще сведения (правда, оспариваемые), что предками Марии были евреи. Иными словами, целых четыре страны могут сегодня гордиться Марией – Россия, Польша, Израиль и Франция. Ее портреты красовались на польских и французских деньгах, а памятники Марии Склодовской-Кюри ныне стоят и в Польше, и во Франции.

Польские женщины, как правило, красивые, а еврейские умные. Не была исключением и Мария. Правда, несмотря на хорошую голову, проявиться ее таланту поначалу было негде:

родилась Мария в бедной многодетной семье. Ей стукнуло 11 лет, когда мать умерла от туберкулеза, и отец, работавший преподавателем физики в гимназии, выбивался из сил, чтобы прокормить пятерых детей.

Но Марии повезло. Училась она хорошо, ей страшно нравилась химия, а другом ее отца был… угадайте кто? Менделеев. Он заметил талантливую девочку и сказал, что ее ждет великое будущее. Это напутствие весьма вдохновляло, однако финансов не прибавляло – денег на университет у Марии все равно не было. Поэтому она договорилась с сестрой, и они по очереди работали несколько лет, чтобы дать возможность друг другу получить образование – работающая сестра платила за ту, которая учится. Сначала отучилась сестра Марии, а Мария, работая гувернанткой, обеспечивала ее. А когда сестра выучилась на врача и начала работать, то стала в свою очередь оплачивать учебу Марии. Ловкие девки!

В Варшаве тогда женщин в университет не принимали, поэтому обе сестры учились в Париже. Мария там же вышла замуж и больше никуда из Франции не уезжала. Потому что во Франции хорошо.

Мужем Марии стал физик Пьер Кюри. Менять фамилию молодая жена не стала и потому вошла в историю науки под двойной фамилией – как Мария Склодовская-Кюри. Исследования они с мужем проводили вместе. Пьер вскоре защитил диссертацию и стал доктором наук, а Мария, родив дочь, тоже начала искать тему для научной работы. Чем заняться?

В ту пору в Европе стоял большой шум вокруг удивительных открытий Беккереля и Рентгена. В особенности Рентгена, конечно. Все газеты тогда взахлеб писали о новом чуде, которое наука в лице Рентгена подарила человечеству.

Вы, конечно, знаете, что открыл Рентген. Он открыл рентгеновские лучи, с помощью которых теперь врачи просвечивают человека и делают рентгеновские снимки, на которых прекрасно видны переломы костей, проглоченные пуговицы и прочие болячки. Сейчас это дело привычное – подумаешь, рентгеновский снимок!

А тогда весь мир был буквально шокирован – ни хрена себе! Можно видеть сквозь непрозрачные вещи, просветив их особыми лучами и сделав фотоснимок!

Газеты в ужасе писали, что теперь хулиганы будут видеть голых дам прямо на улице, сквозь одежду, просвечивая их чудо-лучами. На полке одного книжного магазина в Германии стоял снимок просвеченной рентгеновскими лучами человеческой кисти – ясно виднелись кости и золотое кольцо, надетое на палец. Это была рука супруги Рентгена.

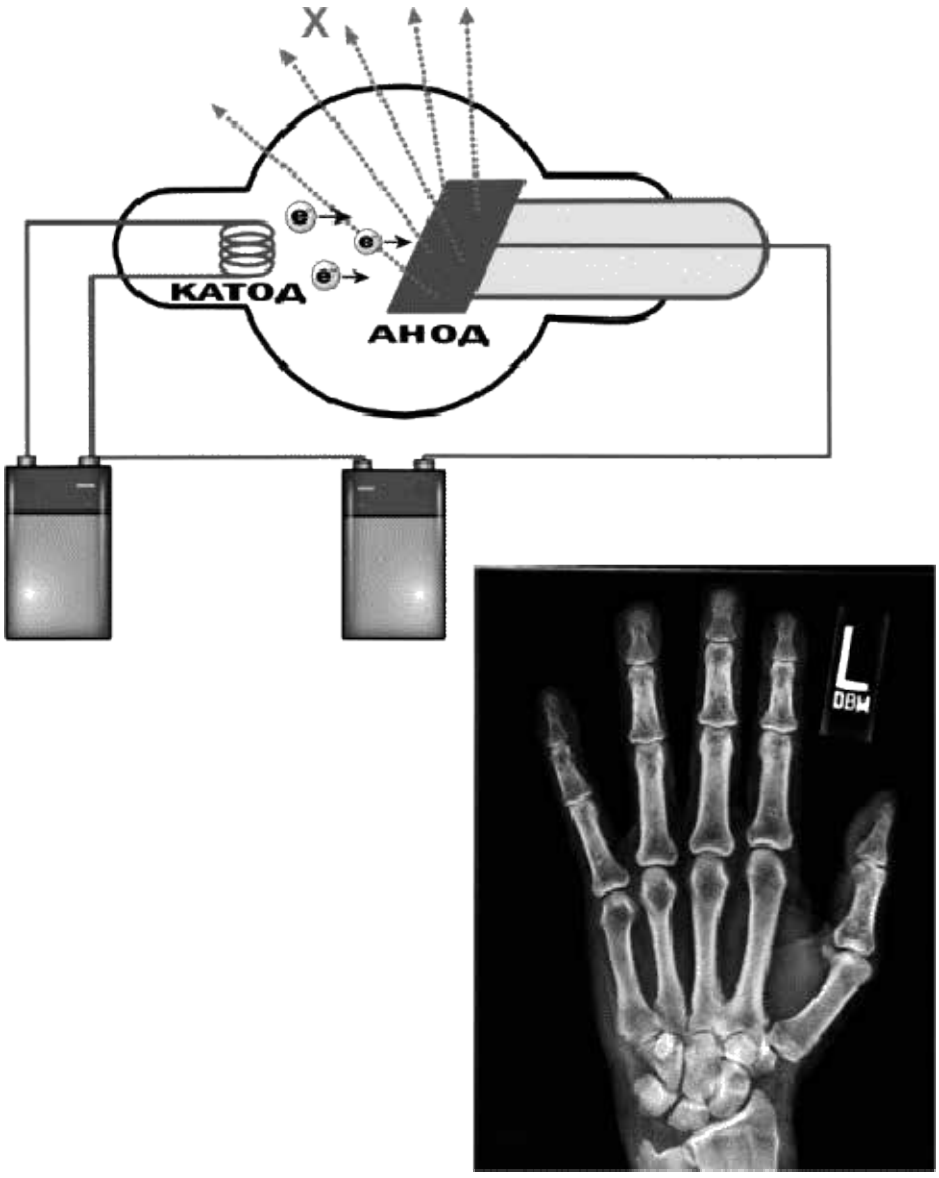
? Как же Рентген открыл свои чудо-лучи? И при чем тут супруги Кюри?

К тому времени люди уже давно экспериментировали с электричеством и научились получать потоки свободных электронов в вакууме, то есть в пустоте. Из стеклянной колбы откачивался воздух, при этом в колбу были впаяны с двух сторон металлические электроды, на них подавалось высокое напряжение, и один из электродов начинал испускать поток электронов. От этого электрода (катода) поток электронов летел через пустоту лампы к другому электроду (аноду).

Так вот, Рентген заметил, что эти электроны, бомбардируя железяку анода, производят некое излучение, которое проникает через непрозрачные материалы и может засвечивать фотопластинки. То есть, направив эти загадочные лучи, например, через человеческую руку на фотопластинку, можно получить фотографию просвеченной человеческой руки!

Рентген начал проводить опыты и обнаружил, что эти лучи проникают и через черную бумагу, и через доску толщиной в 3 сантиметра, и даже через лист алюминия.

Ну, конечно, это было удивительно! Еще бы! Нашлись, кроме привычных лучей видимого света, еще и невидимые, но очень проникающие лучи, для которых прозрачны те вещества, которые непрозрачны для обычных солнечных лучей. Рентген назвал их Икс-лучами.



Рентгеновский снимок и рентгеновская лампа. Электроны бомбардируют анод и генерируют лучи

Все сразу кинулись эти лучи исследовать, и за год учеными было опубликовано больше тысячи работ, посвященных загадочным лучам. Тут же придумали использовать их в медицине.

Об открытии Рентгена узнал физик Беккерель, который проводил разные эксперименты с солями урана. Уран – это редкий и очень тяжелый металл (тяжелее золота и свинца), а соли урана – это соединения урана с другими химическими элементами; точно так же, как поваренная соль – соединение металла натрия с хлором.

Присутствовавший на рентгеновских опытах Беккерель обратил внимание, что под воздействием пучка электронов обычное стекло начинает светиться зеленым светом. Он знал, что соли урана тоже могут светиться красивым зеленоватым светом под воздействием прямых солнечных лучей. «А вдруг они при этом, кроме зеленого света, и другие лучи излучают, например, рентгеновские?» – внезапно подумал он. И решил проверить свое предположение.

Положил фотобумагу в черный, непрозрачный для солнечных лучей конверт, сверху придавил куском урановой соли и выставил на свет. Уран засветился зелененьким, Беккерель проявил фотобумагу, обнаружил на ней засвеченное пятно и сделал вывод: при облучении солнечным светом урановые соли начинают испускать рентгеновские лучи точно так же, как

бомбардируемый электронами металл.

И ошибся! Причем ошибся дважды.

Первая ошибка выяснилась через несколько дней – когда выдался пасмурный день, солнышка на небе не было, Беккерель вздохнул и ушел из лаборатории, оставив кусок урановой соли на черном непрозрачном конверте с фотобумагой. А на следующий день машинально проявил фотобумагу и остолбенел: бумага все равно была засвечена! Значит, урановые соли излучают какие-то проникающие лучи не под действием солнечного света, а сами по себе! Вот это да!.. Спасибо плохой погоде, если бы не она, открытия б не случилось или оно случилось бы позже. В дальнейшем Беккерель открыл, что еще сильнее излучают не соли урана, а сам металлический уран без всяких «примесей».

Вторая ошибка выяснилась позже, когда оказалось, что это все-таки не рентгеновские лучи. «Лучи урана» обладали еще большей проникающей способностью, чем лучи Рентгена! А кроме того, было обнаружено, что «урановые лучи» ионизируют воздух, то есть при столкновении с молекулами воздуха они энергично срывают с молекул самые дальние электроны. И получаются ионы. Поэтому излучение Беккереля назвали ионизирующим.

Разумеется, один из самых больных вопросов, вставших перед наукой, был такой – если «урановые лучи» возникают не при подводе энергии извне (никакое солнечное облучение для них, оказывается, не нужно) и являются свойством самого урана, то откуда же этот уран берет энергию? Закон сохранения энергии был давно уже известен, было ясно, что из ниоткуда энергия взяться не может – она либо поступает извне, из какого-то источника (например, Солнца), либо когда-то заранее накоплена (так мы накапливаем энергию в поднятой кверху гире часов с кукушкой).

На вопрос об энергии (откуда она берется у урана) ответим так. Да, действительно, внутри урана есть источник ранее накопленной энергии, которая постепенно высвобождается при излучении, как из подвешенного дырявого ведра постепенно выкапывает вода, пока вся не кончится. Источник этот был заложен в уран так же, как закладывается распадная энергия в углероде-14, то есть во время создания самого вещества. Разница только в том, что углерод-14 производится в настоящее время в атмосфере, и его молекула запасает энергию космических лучей, а уран был «произведен» природой миллиарды лет назад, просто период его полураспада гораздо больше, чем у углерода-14… Впрочем, это сейчас мы с вами знаем о распаде и можем на данный вопрос ответить. А Беккерель ничего о распаде не знал! И никто не знал. Тогда люди просто столкнулись с необычным явлением и заинтересовались.

Так вот, среди заинтересовавшихся была и наша знакомая Мария Склодовская-Кюри – та самая женщина, которая потом назовет это явление радиоактивностью.

Мария задалась совершенно правильным вопросом: а нет ли других веществ, помимо урана, которые вот так же обладают свойством испускать невидимые, но проникающие лучи?

И прекрасным летом 1898 года она приступила к исследованиям. Вскоре выяснилось, что, кроме урана, излучает еще и торий. А однажды, изучая урановую руду определенного сорта из Чехии (она называлась смоляная обманка), Мария неожиданно обнаружила, что эта смоляная обманка излучает гораздо сильнее, чем даже чистый уран! Как такое может быть, чтобы уран с пустой породой излучал сильнее чистого урана? Значит, в этой породе есть еще какой-то неизвестный элемент, который излучает сильнее, чем уран, только так можно объяснить этот феномен!

Догадка оказалась верной, в смоляной обманке (смешное все-таки название и очень верное!) обнаружилось целых два доселе неизвестных науке металла. Мария, как первооткрыватель, дала им названия. Первый найденный металл она назвала в честь своей родины Польши – полонием, а второй – радием.

Для того, чтобы выделить эти металлы из горной породы в чистом виде, муж Марии Пьер отложил свои исследования и начал помогать жене. Ими была проведена тяжелая, огромная, очень грязная и довольно опасная для здоровья работа.

Для того, чтобы вы поняли объем этой работы, нужно отметить, что содержание полезного вещества (радия) в руде составляло всего одну миллионную часть. То есть на миллион атомов пустой породы приходился только один атом радия.

Чтобы выделить одну десятую долю грамма радия (причем даже не чистого радия, а хлорной соли радия), супругам пришлось на протяжении нескольких лет в дырявом продуваемом сарае перерабатывать в огромных чанах тонны и тонны руды, обрабатывая ее вредной серной кислотой. Работа отнимала все время, с деньгами было очень туго, а тут еще маленький ребенок… Но ребята справились! И через четыре года искомое вещество – соль радия – было в наличии.

Оно было прекрасно! Если соли урана светились тусклым зеленым светом, то соль радия не только светилась прекрасным голубоватым светом, но и испускала тепло! Как видите, радий был весьма активен!

Все газеты того времени писали об этом удивительном радии. А русский поэт Маяковский, иллюстрируя, как трудно ищутся нужные слова для рифм, сравнил написание стихов с трудами Марии Кюри:

«Поэзия – та же добыча радия.
В грамм добыча, в годы труды.
Изводишь единого слова ради
Тысячи тонн словесной руды».

Да, радий произвел большое впечатление на человечество. Великий ученый Альберт Эйнштейн даже сравнил обнаружение радиоактивности с покорением огня, настолько большое значение он придавал этому открытию.

По результатам своей тяжкой работы Мария написала и с блеском защитила докторскую диссертацию, которая, по мнению научного комитета, была признана величайшей из всех ранее существовавших докторских работ. Вскоре за эту работу ей и ее мужу была вручена высшая научная награда – Нобелевская премия.

Мария считала себя самым счастливым человеком. Она говорила, что «обрела в браке все, о чем только могла мечтать и даже больше того».

Уже позже выяснилось, что это «больше» было смертью.

Радиоактивность – очень опасная вещь. Ее воздействие на организм совершенно никак не ощущается, но она убивает человека, разрушая его организм своим проникающим излучением. Это называется лучевая болезнь. Страшная штука… Но тогда об этом ничего еще не знали, поэтому исследователи брали радиоактивные препараты голыми руками, носили их в кармане, а Мария таскала на груди кулон с радиоактивным радием. Он был все время теплым и так красиво светился в темноте… В результате у Марии Кюри все руки были в незаживающих язвочках, а сама она в конце концов умерла от рака крови, вызванного лучевой болезнью. И не только она! Умерла от лучевой болезни вся ее семья – и дочь, и муж ее дочери, поскольку они жили вместе с Марией. Не умер от лучевой болезни только муж Марии – Пьер, да и то лишь потому, что в 1906 году погиб в дорожно-транспортном происшествии. Только попал он не под машину, которых в Париже тогда еще практически не было, а под конный экипаж.

Мария тяжело переживала смерть мужа и соратника по борьбе с загадками природы. Только наука и дальнейшие исследования поддерживали ее в горе. Она стала первой женщиной, которая читала лекции во французском университете и возглавляла там кафедру, при этом продолжая работу в лаборатории. Ей хотелось выделить из соли чистый металлический радий. И уже после смерти мужа, в 1910 году – через 12 лет после начала исследований – это удалось, наконец, сделать. И за это в следующем году ей была вручена вторая Нобелевская премия.

12 лет работы с радиоактивными материалами… За эти годы радиоактивная пыль пропитала буквально все в лаборатории и доме Кюри. Когда через полвека к листочку из

блокнота, в котором супруги Кюри вели свои записи, поднесли прибор для замера ионизирующего излучения (он называется счетчик Гейгера), счетчик тревожно застрекотал, оповещая о высоком уровне радиации. А когда этот листок положили на фотопластинку, лучи от микроскопических радиоактивных пылинок, застрявших в бумаге, эту пластинку засветили. На фото даже был виден след от пальца – то ли Марии, то ли Пьера Кюри, которые когда-то держали в руках этот радиоактивный блокнотный листок.

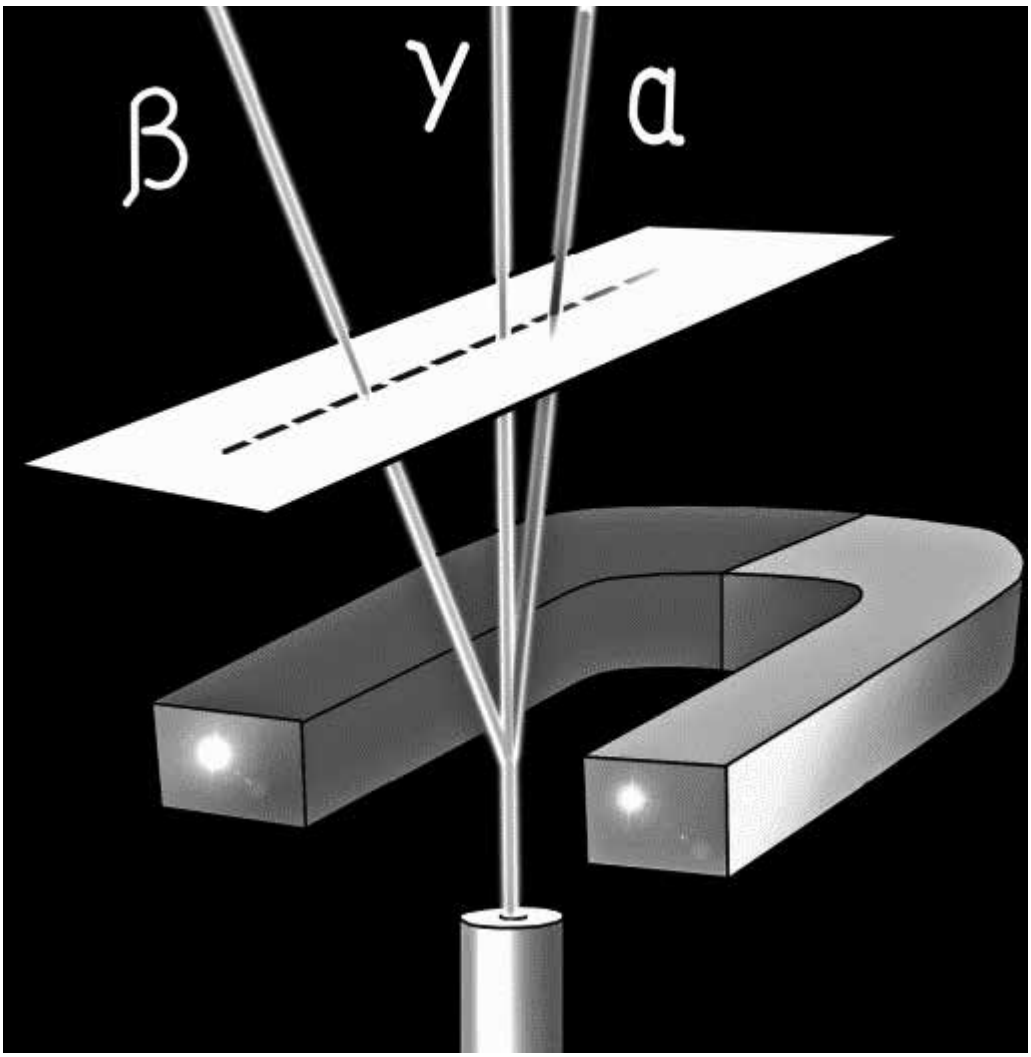
? Так что же это были за лучи такие смертельные? И почему тяжелые металлы их излучают?

Физик Резерфорд выдвинул гипóтезу (научное предположение), что радиоактивное излучение – это следствие распада атомных ядер. При распаде, по мысли Резерфорда, радий превращается в другой элемент. Как мы с вами уже знаем, эта гипотеза потом подтвердилась.

Ученые, увлеченно изучающие распад атомных ядер, выяснили, что при этом процессе образуются целых три вида излучения. Как выяснили? Да легко – они пропускали таинственные лучи между полюсами обычного магнита. К тому времени люди уже давно знали, что магнит влияет на летящие электрические заряды, отклоняя положительные заряды в одну сторону, а отрицательные в другую. И пытались таким образом определить: а не являются ли таинственные лучи просто-напросто потоком заряженных частиц? Если магнит на них повлияет, значит таинственные «лучи» – это просто поток заряженных частичек. Все гениальное просто!

Тогда-то и выяснилось, что есть целых три сорта радиационного излучения! Ученые назвали их альфа-излучением, бета-излучением и гамма-излучением и обозначили для краткости греческими буквами – α, β и γ.

Оказалось, что часть «лучей» в магнитном поле немного отклоняется магнитом вправо (эту часть излучения назвали альфа), другая часть довольно сильно отклоняется влево (бета), а третья часть пролетает, не замечая магнита (гамма). Зная, как действует магнит на заряды (а наука, как мы уже сказали, к тому времени имела об этом представление), ученые сделали вывод: то, что отклонилось немного вправо – струя положительных частичек, причем тяжелых, судя по небольшому отклонению. Другая часть, отклоненная сильно влево – это отрицательно заряженные частицы, причем легкие, поскольку магниту легко их отклонить. Ну, а третья часть, которая магнитом не отклонилась – электронейтральна.



Разделение ионизирующего излучения на три сорта – альфа, бета и гамма.

Что такое легонькие отрицательные частицы, ученые уже знали – это электроны. Значит, бета-излучение есть не что иное, как обычный поток электронов. Эта загадка решена.

Альфа-излучение, то есть положительно заряженные частицы оказались ядрами гелия (два протона, два нейтрона). Найдите гелий в таблице Менделеева, не поленитесь. Видите – два положительно заряженных протона и вес в четыре единицы. Получается, что тяжелые ядра некоторых металлов, распадаясь, выплевывают сгусточек, состоящий из двух протонов и двух нейтронов.

Ну, а то, что прошло сквозь магнитное поле, не отклоняясь, то есть было электрически нейтральным, и есть собственно лучи. Те самые, загадочные и проникающие. Из чего они «сделаны»?

Ответа на этот вопрос у ученых не было. Видимо, из того же, из чего сделаны лучи Солнца, то есть видимого света. Ньютон предполагал, что это поток частичек, а другие ученые, изучавшие волны, считали, что свет – волны, то есть колебание мирового эфира. Солнечный свет мы видим глазами, но для него мы сами непрозрачны. А вот гамма-лучи и рентгеновские лучи глазами мы не видим. Но зато мы для них совершенно прозрачны!

Именно эти лучи нас и убивают. Они – самая главная опасность радиоактивности.

Гамма-лучи прошивают нас насквозь и разрушают наше тело, отчего человек умирает в страшных мучениях. Человечество даже придумало специальный значок, предупреждающий о радиации.

Внимание! Опасность радиации!

А что же другие виды радиации – бета и альфа?

Они неопасны или, точнее, малоопасны. Электроны и ядра гелия легко задерживаются листом бумаги, стеклом, да и просто слоем воздуха, так что укрыться от них не проблема. А вот гамма-лучи… Упаси нас боже попасть под гамма-излучение! Это реальный жесткач! От них тоже можно укрыться, только для этого требуется толстый слой брони или подземные бункеры. И что самое неприятное, человек во время облучения вообще ничего не чувствует. В окружающей нас природе нет таких мощных потоков гамма-лучей, какие научилось получать человечество искусственно, поэтому эволюция и не предусмотрела для животного мира никакой сигнальной системы о подобной опасности. От огня мы чувствуем боль, а вот излучение убивает неощутимо.

Люди взрослые прекрасно знают о лучевой болезни. Ваши мама и папа, быть может, изучали в школе плакаты о поражающем действии радиации во время атомной войны. Поэтому у взрослых людей страх перед радиацией весьма велик. Но они плохо помнят школьный курс и не знают, что радиация бывает разная. Опасно гамма-излучение. А вот, например, бета-излучение даже применяется в наручных часах – для подсветки стрелок и циферок ночью. Выглядит это свечение довольно красиво. Во всяком случае я бы на вашем месте серьезно задумался о том, чтобы попросить у родителей приобрести для вас такие часы. Правда, стоят они довольно дорого, но зато вещь отличная!

А стоят они дорого, потому что для подсветки используется тритий – сверхтяжелый

водород, то есть водород-3, в атомном ядре которого не только одинокий протон, но и два нейтрона. Бывает еще дейтерий – просто тяжелый водород (протон и один нейтрон), но в часах с подсветкой используется именно тритий. Вещество это очень редкое и потому дорогое. 1 грамм трития стоит 30 тысяч долларов. В часах используют ничтожные доли миллиграмма этого вещества. Тритием наполняют стеклянную микроампулу, стенки которой изнутри покрыты люминофором – веществом, которое может светиться при облучении электронами. Эти микроампулы наклеивают на стрелки и цифры часов.

Что же происходит дальше?

Тритий радиоактивен. То есть этот изотоп нестабилен, он распадается. Формула распада написана ниже, она проста и понятна любому умному ребенку.

$$_1H^3 = {}_2He^3 + e^- + \nu$$

Слева тритий, обозначенный значком водорода из таблицы Менделеева (H), он имеет один протон и атомную массу в три нуклона. После распада получается нейтрино (ν), электрон (e) и изотоп гелия – гелий-3, то есть второй химический элемент в таблице Менделеева. В нем, как видите, два протона и один нейтрон.

Электрончики, которые выстреливаются в момент распада, бомбардируют люминофор, вызывая его свечение. Светится слой люминофора круглосуточно, просто днем это свечение незаметно, а ночью очень даже! И светиться он будет годами, потому что период полураспада трития 12 лет. То есть через 12 лет светимость часов упадет вдвое. А сколько вам будет через 12 лет, друг мой юный? Страшно представить! Столько не живут, как говорится…

В общем, выдвинув родителям требование о часах с тритием, нужно провести среди них разъяснительную работу, объяснив:

– Ничего опасного в таких часах нет, это же бета-распад, то есть электронное излучение, а оно, как вам должно быть известно из школьного курса физики, задерживается чем угодно – листом бумаги, стеклом, а также быстро гасится в воздухе.

После чего необходимо рассказать о периоде полураспада трития и уйти в свою комнату, оставив маму или папу с открытыми ртами на кухне. Пусть придут в себя и хорошенечко подумают, не стоит ли и вправду купить такому умному ребенку часы с тритием? Подумаешь, половина зарплаты…

Глава 7
Как сделать атомную бомбу в домашних условиях

Каждый ребенок мечтает взорвать или сжечь школу. Потому что душа ребенка жаждет справедливости и взывает к отмщению.

А можно ли, вооружившись знаниями, изготовить дома небольшую атомную бомбу, чтобы окончательно решить школьный вопрос?

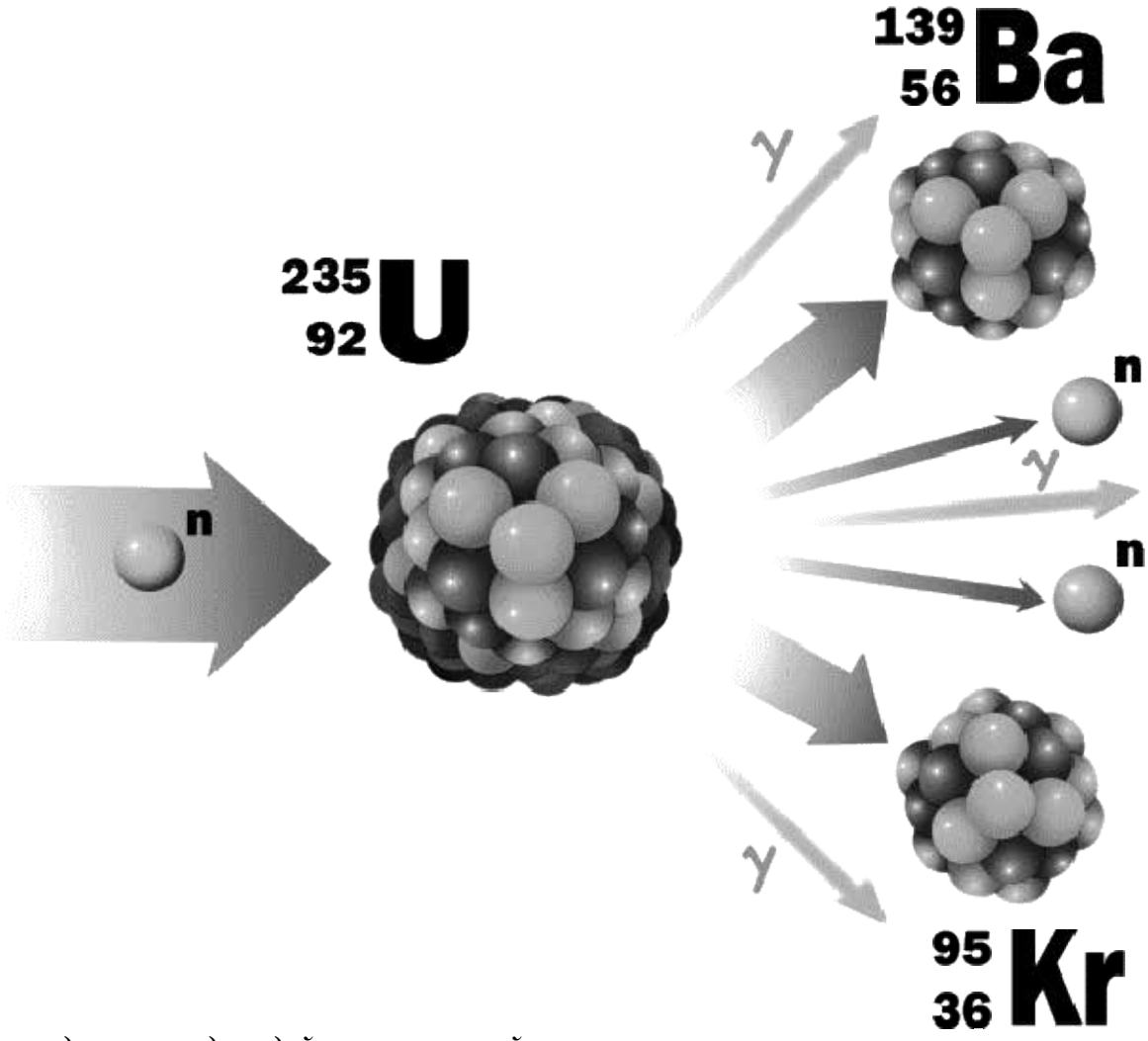
Вообще, проблема применения накопленных знаний в целях разрушения встает перед человечеством каждый раз, когда оно овладевает какой-то новой энергией. Овладели огнем – придумали, как использовать его в военном деле. Изобрели порох, стали воевать с его помощью. Изобрели аэропланы – начали на них воевать. Ну и, разумеется, когда в начале XX века люди открыли феномен радиоактивности и поняли, что перед ними источник энергии необычайной силы, тут же встал вопрос: а как его применить для убийства других людей? Ведь энергия распада атомных ядер огромна, и Эйнштейн вовсе не зря сравнивал ее с овладением огнем. Только Эйнштейн мечтал об атомных электростанциях, а военные – об оружии.

«А нельзя ли сделать атомную бомбу на основе явления распада?» – задумался в свое время Гитлер. Точнее, не сам Гитлер, конечно, он-то в физике не разбирался и вообще имел довольно специфические представления о реальности. Задумались немецкие физики. Им

было о чем подумать…

Мария и Пьер Кюри работали над проблемой распада вещества еще до Первой мировой войны, которая прокатилась по Европе тяжелым бульдозером. Германия ту войну проиграла. В результате в Германии пришел к власти Гитлер, и через двадцать лет после Первой мировой началась Вторая мировая война. Но физики, принявшие у супругов Кюри эстафету исследований, не обращая внимания на политические бури и войны, увлеченно продолжали работу. И вот всего за год до начала Второй мировой войны немецкие физики обнаружили одно чертовски интересное явление.

Оказалось, что если в ядро изотопа урана-235 попадает случайный нейтрон, ядро может развалиться. Оно ведет себя, как капля жидкости – в эту «жидкость» ударяет прилетевший нейтрон, от удара «капля» деформируется, из круглой становясь продолговатой, то есть ее края разъезжаются. И в этот миг расстояние между протонами на дальних краях начинает превышать радиус действия ядерных сил, то есть того самого сильного взаимодействия, которое и держит нуклоны в ядре. Оно ведь очень короткодействующее! И тогда силы электростатического отталкивания между дальними протонами расталкивают куски ядра с огромной скоростью. Ядро урана разваливается на две части – барий и криптон (найдите эти вещества в таблице Менделеева). При этом еще получается уйма энергии в виде гамма-излучения и парочка лишних свободных нейтронов.



Распад урана под воздействием случайного протона

Физики подсчитали, что из одного грамма урана-235 можно извлечь энергии столько же, сколько от сжигания 3 тонн каменного угля. Но что будет инициировать дальнейшую реакцию? Да вот те самые два нейтрона, которые получились в ее результате! Мы начали с

одного случайного нейтрона, в результате нейтронного удара по ядру получили осколки, кучу энергии и еще целых два нейтрона. Если теперь оба они попадут в соседние ядра и разрушат их, то у нас получится уже 4 свободных нейтрона! Если те попадут в соседние ядра, будет 8 нейтронов. Потом 16. И так далее. Пойдет цепная реакция с высвобождением все большей и большей энергии. Взрыв!

Атомный взрыв!

А если эта парочка нейтронов не попадет по соседним ядрам, а вылетит из куска урана и будет поглощена окружающей уран средой? Тогда цепная реакция не пойдет. И взрыва не будет.

Для взрыва нужно, чтобы первое делящееся ядро урана-235 довольно плотно окружали такие же ядра. Нейтронное излучение очень проникающее, нейтрон может пролететь в металле довольно долгий путь, не попасть при этом ни в одно ядро и вылететь из куска металла на волю. А попасть нейтрону в соседнее ядро не так-то и просто, потому что атом ведь практически пуст! Его маленькое ядро окружает довольно разреженная шуба электронных орбит. Это огромная планетная система! Вокруг ядра урана летает 92 электрона – если не верите, посмотрите в таблицу Менделеева или на рисунок выше.

? А знаете, как соотносится количество вещества в атоме с объемом самого атома?

Ядро атома меньше диаметра дальней электронной орбиты в 100 тысяч раз! Если мысленно атомное ядро увеличить до размеров горошины, то размер самого атома будет в полкилометра! При этом электроны в тысячи раз меньше протонов. То есть если ядро у нас теперь получилось с горошину, то электрон – размером с пылинку. И получается, что эти пылинки кружатся вокруг ядра-горошинки на расстоянии в сотни метров.

И вот в такую горошинку нам нужно попасть другой горошинкой (точнее, осколком горошинки) с расстояния в километры! Вероятность попадания ничтожна. Но ведь и атомов в веществе миллиарды, а значит вероятность попадания вырастает в миллиарды раз! То есть ничтожно малую величину нам нужно умножить на огромную и посмотреть, что перевесит. Иными словами, возникает вопрос: сколько атомов урана-235 слепить в комок, чтобы получившиеся в результате первичной реакции нейтроны попали все-таки в ядра атомов прежде, чем вылетят из куска металла?

Ответ на этот вопрос есть: критическая масса урана-235 содержится в шарике диаметром всего в 18 сантиметров. Небольшой мячик такой. В этом количестве металлического урана-235 содержится как раз такое число атомов, которое гарантированно обеспечит цепную реакцию – ядерный взрыв. То есть если сложить полмячика и полмячика вместе, они тут же взорвутся. Поэтому в хозяйственных магазинах уран-235 продается только по половинкам, а сложить его можно уже дома или около школы, чтобы проверить – сработает или нет.

Думаю, есть смысл послать маму в магазин и попросить купить две упаковки урана. Только смотрите, чтобы она не перепутала и брала именно 235-й, потому что уран-238 таким полезным свойством не обладает.

Но донесет ли мама из магазина эти две половинки? Сколько вообще весит шарик урана диаметром в 18 сантиметров? Если вы посмотрите в таблицу чудесного старика Менделеева, то увидите, что уран находится далеко внизу, то есть представляет собой довольно тяжелый элемент, что понятно: это вам не водород с одним нуклоном, в ядре урана этих нуклонов аж целых 235!

В общем, не буду вас томить и сразу скажу, что металлический урановый шар диаметром в 18 см весит 52 килограмма. Мама не донесет. Поэтому, если школы (и половины города) не жалко, то пожалейте хотя бы маму и не посылайте ее такие тяжести таскать.

Другое дело плутоний-239. Из него тоже можно делать атомные бомбы, причем

критическая масса плутония составляет всего 11 кг при диаметре шарика в 9 см. Это получается по 5,5 кило в каждой руке. Мама донесет…

В общем, если слиток радиоактивного металла превышает критическую массу, он сам по себе взрывается.

А если не превышает, ядра атомов в куске металла просто постепенно распадаются, металл греется, гамма-излучает, но не взрывается, поскольку не начинается цепная реакция – нейтроны не успевают попасть в соседнее ядро, как уже вылетают из слитка наружу.

Так выглядит плутоний – тяжелый радиоактивный серебристый металл

Но мы немножко отвлеклись. Поэтому перенесем наше внимание с мамы на Гитлера.

Итак, в марте 1939 года, за несколько месяцев до Второй мировой войны французские физики опубликовали статью о том, что из металлического урана можно добывать энергию для мирных целей, а также использовать его в военном деле для создания бомб чудовищной мощности. Эта статья не осталась незамеченной. И потому уже в апреле к военным властям Германии обратились немецкие физики с предложением создать урановую бомбу.

К 20 сентября идея дошла до Гитлера. Вторая мировая война шла к тому времени уже три недели, правда, тогда еще никто не знал, что началась именно мировая война – немецкие войска успешно давили последнее сопротивление поляков, а им на помощь за три дня до указанной даты пришли советские войска, напавшие на Польшу с другой стороны. Казалось, военный пожар уже практически угас: Польша, согласно договору о дружбе, заключенному между Германией и СССР, поделена между двумя друзьями и перестала существовать, а Гитлера тем не менее ставят в известность о том, что возможно создание чудо-оружия.

Гитлеру даже показали мультфильм, в котором самолет с крестами на крыльях сбрасывал над Англией какой-то металлический ящик, после чего разворачивался и улетал обратно. Когда самолет был уже достаточно далеко от места сброса, срабатывает взрыватель, который резко сближает две половинки критической массы металла – и происходит ядерный взрыв. Вспышка – и Лондона нет. Миллионы людей гибнут в один момент.

Гитлер был в восторге от этого мультика! Он захлопал в ладоши и выделил ученым финансирование для создания столь чудесного приспособления.

Так началась работа по созданию урановой бомбы. Координировал всю работу Физический институт, который возглавлял великий немецкий физик Гейзенберг, именем которого назван так называемый принцип Гейзенберга, о котором мы еще поговорим. Гейзенберг был гений, он получил Нобелевскую премию в 32 года, а это о многом говорит.

Создание атомной бомбы – процесс непростой. Он находился на самом острие науки, человечество еще никогда ничего подобного не создавало, нужно было решить массу непростых чисто инженерных задач. Для этого у немцев было, казалось, все необходимое – талантливые физики, мощная научная школа, отличная передовая промышленность.

Однако для того, чтобы добывать уран, нужны еще две вещи – урановая руда и тяжелая вода. С рудой все понятно. Как железо добывается из железной руды, так и уран – из урановой. Но месторождений железной руды на Земле много, потому что железо – очень распространенный химический элемент. А вот уран – элемент очень редкий, его месторождений на Земле не так много. Правда, немцам повезло. Урановое месторождение было в Чехии, а Чехию немцы к тому времени уже захватили. Там добывали как раз ту самую руду – смоляную обманку, с которой экспериментировала Мария Кюри.

А вот зачем нужна тяжелая вода? И что это вообще такое?

Мы с вами уже знаем, что такое тяжелый и сверхтяжелый водород. Это дейтерий и тритий, то есть водород, у которого в ядре атома не одинокий протон, а протон с нейтроном (дейтерий) или даже с двумя нейтронами (тритий). Так вот, тяжелая вода – это вода, сделанная не из кислорода и водорода, как обычная вода, а из кислорода и тяжелого водорода. Если вода дейтериевая, она называется тяжелой, а если тритиевая – сверхтяжелой.

Молекулы тяжелой и сверхтяжелой воды всегда содержатся в очень небольшом количестве среди молекул обычной воды (на 7000 тысяч молекул обычной воды приходится одна тяжелая). Именно из обычной воды тяжелую воду и добывают путем обогащения – как из руды полезный материал. Правда, процесс этот долгий, нудный и весьма энергозатратный. Впервые небольшое количество тяжелой воды физиками было добыто в 1933 году – как раз в тот год, когда фашисты пришли к власти в Германии.

Поехали на воды!..

Любопытно, что свое название тяжелая вода вполне оправдывает, она действительно тяжелее обычной воды. А сверхтяжелая вода, соответственно, еще тяжелее. Сверхтяжелая вода замерзает при температуре +9 °С, а кипит при температуре +104 °С.

Ученые – существа любопытные. Им было интересно, как отнесутся к тяжелой воде живые существа. Выяснилось, что в небольших дозах – нормально. Человек может хлопнуть стакан-другой тяжелой воды, и ему ничего не будет. Другое дело, если все время поить животное только тяжелой водой.

Человек, как и прочие живые существа, примерно на 70 % состоит из воды. Все жизненные биохимические реакции в нашем теле идут в водном растворе. Когда мы пьем воду, она всасывается, проходит через все клеточки, принося туда вместе с собой питательные вещества в виде раствора. А затем выводит из клеточек продукты распада и отходы. Таким образом человек – большой сложный фильтр, который все время промывается. И что же будет, если начать его или другое живое существо «промывать» тяжелой водой?

Над людьми такие эксперименты, конечно, не ставились, но вот опыты над животными показали, что постепенное упорное замещение в организме обычной воды на тяжелую даром не проходит. Когда четверть всей воды, из которой состоит организм, заменена тяжелой, животное теряет способность к размножению. А когда концентрация

тяжелой воды достигает половины, животное погибает. И этот эффект достигается всего за неделю.

Почему такое происходит? Казалось бы, какая разница организму, какая в нем вода? А все дело именно в тяжести. Поскольку в ядре атома тяжелого водорода вдвое больше нуклонов, молекулы тяжелой воды больше весят и потому чуть хуже и медленнее участвуют в биохимических реакциях, сбивая тонкие настройки организма, который сначала компенсирует эти изменения, а потом просто перестает справляться.

Не менее интересен вопрос, а сколько видов тяжелой воды существует?

Мы знаем два вида - тяжелая (в которой вместо водорода дейтерий) и сверхтяжелая вода (в которой вместо водорода тритий). Но!

Но в молекуле воды два атома водорода! Смекаете?

Вода обозначается химиками химической формулой H_2O, эта запись и означает, что в молекуле воды два атома водорода и один атом кислорода. А что если не оба атома водорода, а только один будет заменен дейтерием? Возможно такое?

Конечно!

Как правило, так и есть. Подобную воду - из водорода и дейтерия называют полутяжелой. И вероятность такого варианта как раз намного больше, чем вероятность того, что два столь редких изотопа, как дейтерий, встретятся с одной молекулой кислорода, чтобы образовать молекулу тяжелой воды. В природе чаще встречается вода полутяжелая.

Ученые люди обычный водород обозначают латинской буквой H (от латинского слова Hydrargyrum), тяжелый водород обозначают значком D (дейтерий), а сверхтяжелый - значком T (тритий).

А теперь попробуем написать все возможные комбинации, которые могут изотопы водорода образовывать с кислородом (O):

H-O-H обычная вода

D-O-H полутяжелая вода

D-O-D тяжелая вода

T-O-T сверхтяжелая вода

T-O-H не имеет специального названия, давайте назовем ее «сверхполулегкая» вода

D-O-T не имеет специального названия, предлагаю назвать ее «сверхполутяжелая» вода

Но и это еще не все, ребята! Ведь изотопы имеются не только у водорода, но и у кислорода! Помимо обычного кислорода-16, существуют еще стабильные изотопы O^{17} и O^{18}. Вода с такими тяжелыми изотопами кислорода называется тяжелокислородной.

И если теперь записать все возможное количество комбинаций, которые могут составить между собой изотопы кислорода и водорода, получится 18 видов различных «вод». Причем 9 из них стабильные, а 9 других слаборадиоактивные.

Круто?

Так вот, тяжелая вода была нужна Гитлеру, точнее его физикам, как элемент технологического процесса при обогащении оружейного металла – в качестве замедлителя цепной реакции. А тяжелую воду в то время в мире производили только в одном месте – в Норвегии. Норвежцы еще до войны построили в горах под Осло завод по производству

тяжелой воды – для лабораторных исследований этого вещества. Поскольку добыча тяжелой воды дело чрезвычайно энергоемкое, завод обеспечивала питанием целая электростанция, которая работала на дармовой энергии водопадов, которых в Норвегии – пруд пруди. Норвегию Гитлер благополучно захватил. Вместе с заводом.

За месяц завод вырабатывал всего 11 килограммов тяжелой воды. А нацистам нужно было несколько тонн, поэтому они дали задание резко повысить производительность. Это удалось сделать, и к 1942 году завод постепенно вышел на производство 4,5 тонн тяжелой воды в год.

Место, где волею судеб оказался завод, считалось неприступным, туда вела всего одна дорога, но фашисты все равно обнесли завод колючей проволокой и выставили охрану, которую несли несколько сотен автоматчиков. Завод прикрывали с воздуха батарея 88-миллиметровых зенитных орудий и несколько счетверенных зенитных установок калибром 20 мм. Радиолокаторов тогда еще не было, поэтому самолеты засекались на дальних подступах с помощью специальных рупоров-звукоуловителей.

Английская разведка донесла про интерес гитлеровцев к тяжелой воде. В Лондоне все сразу поняли и решили завод уничтожить. Но как? Производство находилось в ущелье, под защитой не только пушек и гор, но и многометрового бетонного слоя, поэтому разбомбить его с воздуха было не так-то просто. Решили послать диверсионную группу. И вот в ноябре 1942 года к Норвегии направились два английских бомбардировщика, которые тащили на буксире два планера с десантниками. План был такой – у берегов Норвегии безмоторные и потому бесшумные планеры отцепятся от буксиров, по-тихому подлетят и выбросят диверсантов, которые перебьют охрану и взорвут завод.

Операция полностью провалилась! При подлете буксирующие бомбардировщики попали в зону сложных метеоусловий, из-за пурги и потери видимости один самолет потерпел крушение, врезавшись в гору. У второго обледенел и потому оторвался сильно отяжелевший буксировочный трос. В результате планер совершил аварийную посадку, а экипаж самолета дал на базу открытым текстом тревожную радиограмму, которую, разумеется, перехватили немцы и тоже не на шутку встревожились: а что это в Норвегии делают английские военные самолеты? После чего выслали вооруженный отряд на прочесывание местности. Этот отряд и отловил английских диверсантов, которых по законам военного времени расстреляли, к большому неудовольствию немецкой тайной полиции – гестапо. В гестапо считали, что с расстрелом поторопились, нужно было применить к пленникам пытки и узнать, зачем их послали в Норвегию.

А англичане решили немного переменить тактику. Они заслали в Норвегию диверсантов-парашютистов, и те вошли в контакт с силами норвежского Сопротивления. Норвежцы провели диверсантов к секретному заводу по подземному туннелю, через который тянулись кабели. Под емкости с тяжелой водой были заложены несколько десятков килограммов взрывчатки, и вскоре огромный взрыв сотряс стены завода.

Разрушения были огромны. А главное – пропали все запасы тяжелой воды. Раздосадованным немцам потребовалось целых полгода, чтобы восстановить производство. На сей раз они усилили меры безопасности так, что никакие диверсанты на завод проникнуть уже не могли.

Англичане снова взялись за голову и начали думать, что же делать в такой ситуации. И придумали. Тяжелую воду отправляли в Германию на кораблях. Нельзя уничтожить ее на заводе, так давайте топить корабли!.. Норвежские подпольщики сообщали английской разведке, когда и на каком судне повезут очередную партию тяжелой воды, и англичане устраивали налет, стараясь затопить судно.

А параллельно решили попробовать все-таки тот вариант, от которого отказались вначале – бомбардировку завода. И в ноябре 1943 года направили на этот маленький заводик целых 140 бомбардировщиков, которые сбросили 80 бомб. Но завод, удачно расположенный и защищенный, уцелел. Была разрушена только электростанция.

Не дожидаясь второго налета, который мог оказаться более удачным, немцы решили от

греха подальше перевезти всю наработанную к тому времени тяжелую воду в Германию. На тот момент ее скопилось на складе 15 тонн. Перевозить цистерны должны были на корабле «Гидро», о чем английской разведке стало известно. Они отдали приказ норвежским подпольщикам взорвать корабль. И те сделали это, пронеся на борт бомбу с часовым механизмом – несмотря на то, что на судне плыли ни в чем не повинные мирные граждане. Они погибли вместе с кораблем.

Правда, по всей видимости, немцам удалось-таки обмануть английскую разведку! Когда в 2006 году норвежские водолазы обследовали затонувший «Гидро», на его борту обнаружили не 15, а всего полтонны тяжелой воды. А где остальные 14,5 тонн? По всей видимости, погрузка на «Гидро» была отвлекающим маневром для английской разведки, а тяжелую воду немцы переправили в Германию каким-то другим способом.

Но изготовить ядерную бомбу до конца войны они так и не успели. Первыми атомную бомбу сделали американцы и даже успели ее применить в войне с Японией. Урановую бомбу они сбросили на японский город Хиросиму, а плутониевую – на город Нагасаки.

Хиросима была уничтожена практически полностью, там одномоментно погибло 80 тысяч мирных жителей, причем среди них были и американские военнопленные. В Нагасаки погибло 75 тысяч мирных жителей. И впоследствии еще десятки тысяч в обоих городах умерли от лучевой болезни.

Это было первое и последнее военное применение ядерного оружия в истории земной цивилизации.

Нейтронная бомба

Через какое-то время после того, как физики открыли три вида ионизирующего излучения (альфа, бета, гамма), они обнаружили еще один вид - нейтронное излучение. Из названия понятно, что нейтронное излучение - это просто поток энергичных нейтронов, летящих с большой скоростью. Они очень опасны при проникновении в тело. Поэтому была даже придумана нейтронная бомба (разновидность атомной бомбы), которая при взрыве давала сравнительно небольшие разрушения зданий и сооружений, но убивала все живое мощным нейтронным излучением. Нейтронное оружие никогда не применялось, но идея была именно такой - выкосить излучением живую силу противника.

Нейтронное излучение легко прошивает даже танковую броню толщиной в 15-20 сантиметров. На это и был расчет у изобретателей. Никто не укроется!.. Однако вскоре выяснилось, что нейтроны легко задерживаются материалами, содержащими водород - водой, полиэтиленом, парафином, из которого свечи делают. Недорогие добавки к броне надежно защищали экипаж, а простая полуметровая насыпь из влажного грунта, за которой могли спрятаться пехотинцы, ослабляла нейтронное излучение в сто раз.

Правда, у нейтронного излучения есть еще вторичный фактор поражения - взаимодействуя с различными веществами, нейтроны могут создавать радиоактивные изотопы в этом веществе. Мы помним, что изотоп - это атом, в ядре которого есть лишние нейтроны. Так вот, если вещество наберется этих шальных нейтронов, в изобилии летящих от бомбы, оно потом начинает само излучать.

Поэтому нейтронную бомбу еще называют грязной бомбой.

Часть II

Кроме вещества

Мы теперь очень хорошо знаем, как устроено вещество. Оно сделано из нейтронов, протонов и электронов. Из нейтронов и протонов собираются атомные ядра. А летающие вокруг ядра электроны образуют атом в сборе, причем количество электронов равно количеству протонов. Если же пару электронов смахнуть с атомной орбиты веником, останется положительно заряженный недоатом – ион.

Из атомов собираются молекулы, причем порой очень сложные – в некоторых молекулах содержатся миллиарды атомов. Ей-богу, не вру! Такой гигантской молекулой является, например, молекула под названием ДНК в человеческом организме. В этой молекуле запрограммирована вся информация о человеке – цвет глаз и волос, рост, характер, склонности, наши сильные и слабые стороны. Человек – штука очень сложная, поэтому и столько «текста». В молекуле ДНК информация записывается с помощью определенного порядка расположения атомов, как в книге с помощью определенного расположения букв. Только «буквы» ДНК – это атомные наборы.

А еще нам теперь известно, что, помимо вещества, сделанного из атомов, в мире существуют некие лучи. Мы также знаем, что по крайней мере часть лучей состоит из частиц, например, нейтронное излучение, а также электронное излучение, которое по-другому еще называют бета-излучением. Такое излучение просто представляет собой поток частиц, летящих в пространстве, то есть обычное вещество. А вот другие лучи сделаны бог знает из чего. Например, солнечные, рентгеновские или гамма-лучи – они из чего состоят?

Мы помним: Ньютон полагал, будто солнечный свет – это поток неизвестных электронейтральных частичек – корпускул. Но ему другие дяденьки возражали: нет, свет – это просто волна, то есть колебание все пронизывающего мирового эфира.

То есть свет – это или струя мелкого «гороха», или волна колебания среды, которая заполняет все пространство вселенной.

А еще что-нибудь в этом мире есть, кроме вещества, непонятных лучей, пространства и времени?

Есть. Поле…

Глава 1
Поле чудес

А вот как передается взаимодействие? В макромире, где мы живем, все понятно – шахтер вагонетку толкнул, она поехала. Груз к пружине подвесили, она растянулась. Два бильярдных шара столкнулись с приятным стуком и разлетелись. А если бы не столкнулись, не разлетелись бы. Ведь чтобы передать воздействие на предмет, нужно к нему подойти. Издалека-то разве можно на предмет воздействовать, мы же не колдуны?! Не прикасаясь к вазе, стоящей на столе, ее не сдвинешь. Толкнуть надо! Потом мама спасибо скажет.

Но иногда воздействие передается и на расстоянии. Вы прекрасно это знаете. Если поднести магнит к скрепке, лежащей на столе, она почувствует этот магнит не в момент касания, а раньше – и сама прыгнет на него!

А если потереть мамины янтарные сережки папиным шерстяным носком, янтарь начнет притягивать мелкие бумажки – тоже на расстоянии, еще до касания.

Яблоко, опять же, падает с яблони на землю. Земля его притягивает на расстоянии, и едва оно теряет связь с деревом, как сразу устремляется вниз. Точно так же притягивает Землю Солнце, отчего планета наша вокруг светила вращается. Иначе бы давно улетела в мировое пространство к чертовой матери, и мы все погибли бы от космического холода, что, конечно, совершенно не полезно.

А еще точно так же на расстоянии электроны чувствуют протоны, притягиваясь к ним. И вращаются вокруг ядра атома, словно планетки.

Видите, кругом тела воздействуют друг на друга на расстоянии. Как это возможно? Посредством чего? С помощью какого волшебства?

Когда сталкиваются бильярдные шары, тут все вроде бы понятно – они упругие, непосредственно взаимодействуют со стуком и разлетаются. А вот магнит… Как он действует на расстоянии? Какими такими невидимыми ручками притягивает к себе скрепку? Разве не удивительно – самого предмета в этом месте пространства еще нет, а его влияние уже чувствуется другими предметами!

Вот тут физики и предложили свой вариант ответа. Наверное, есть некое невидимое поле, окружающее магнит, решили они, попав в которое, железки начинают притягиваться. Поле это распространяется вокруг магнита и затухает с расстоянием, его сила постепенно падает до нуля. Поле магнита так и назвали – магнитным. С его помощью и происходит взаимодействие.

И у всякой массы тоже есть свое – гравитационное – поле. У малых масс оно слабенькое, а у большой Земли поле очень сильное, поэтому нас всех к ней притягивает.

И есть еще электрическое поле, которое притягивает бумажки к янтарю и электроны к протонам.

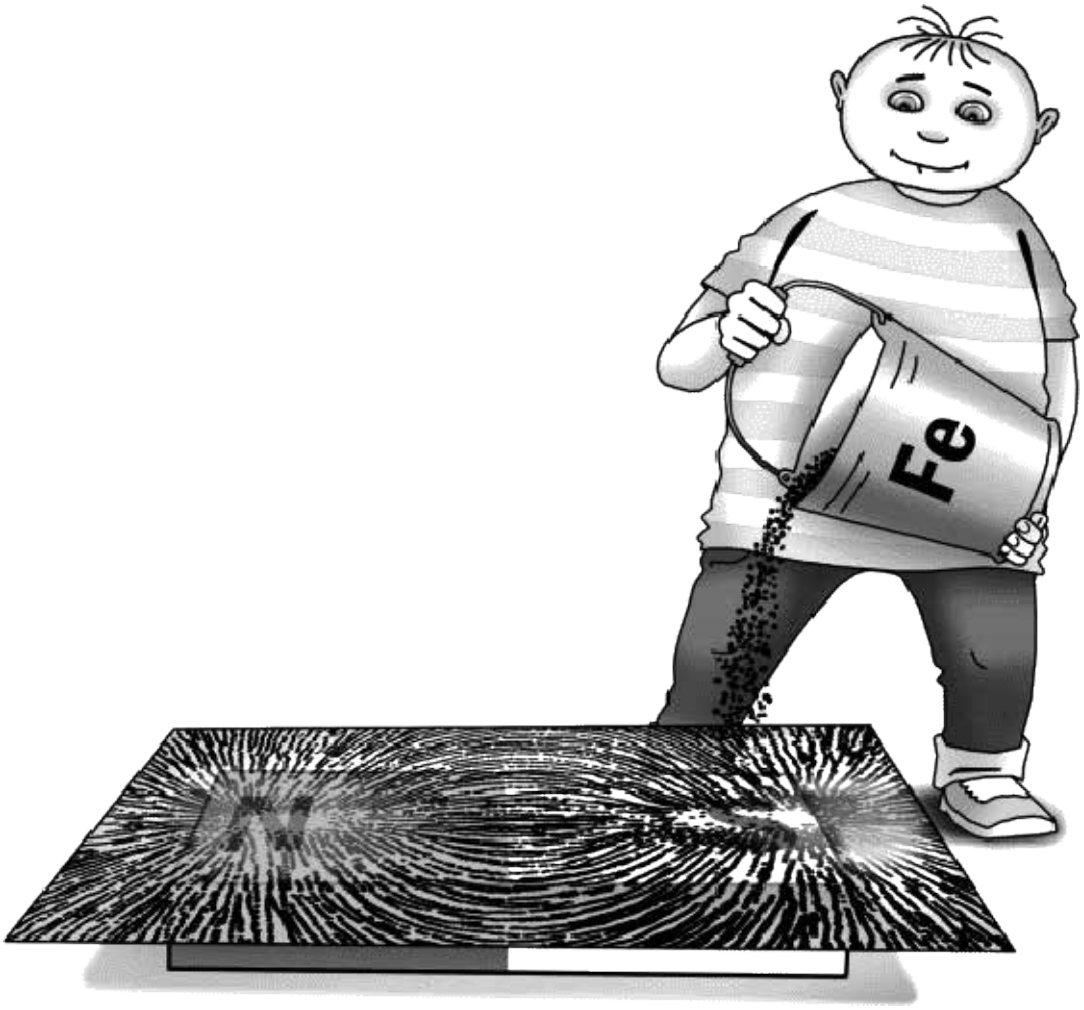
Вот так все решили объяснить физики. Ловко! Взяли и заявили, будто существует некая невидимая и неосязаемая материя, окружающая тела. С этим фокусом физиков мы уже сталкивались, когда говорили о теплороде. Помните, древние физики предположили, будто тепло – это невидимая неосязаемая жидкость, накапливающаяся в телах. И ошиблись! Тепло оказалось просто скоростью колебания частиц тела. Чем активнее барабанят по нашей коже молекулы, из которых состоит тело, тем более горячим оно нам кажется.

Может быть, и с полем эти физики тоже ошиблись?

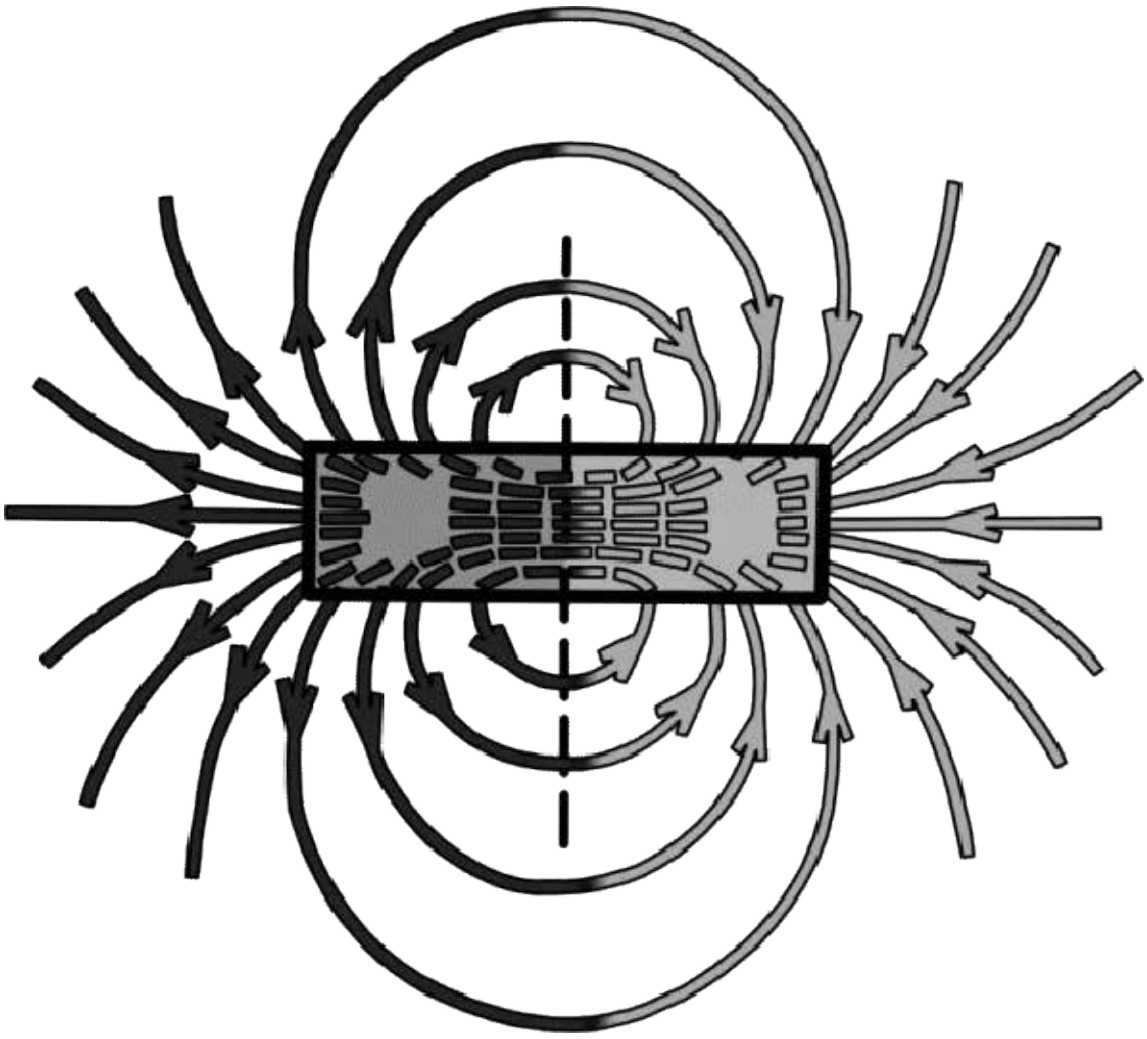
Если поле реально существует, значит у него есть какие-то свойства, которые можно изучить. И физики стали их изучать, чтобы подтвердить свою догадку. И вскоре путем экспериментов нашли способ это невидимое поле увидеть – косвенным образом, конечно же, – точно так, как мы наблюдаем черные пятна на фотоснимке, оставшиеся от невидимого рентгеновского излучения. То есть мы наблюдаем не сами рентгеновские лучи, а их следы, их проявление.

Чтобы увидеть проявления магнитного поля, надо взять магнит, накрыть его листом бумаги и насыпать сверху крохотные железные опилки. И опилки, чувствующие поле, тут же расположатся в определенном порядке, показав нам устройство поля.

Дальше больше – выяснилось, что магнитное поле взаимодействует с электрическим. И вообще оно чем-то похоже на электрическое. В электричестве есть два заряда – положительный и отрицательный. И у магнита есть два полюса – северный и южный. (Северный обычно рисуют синим, цвета льда, а южный – красным, цвета огня.) Одноименные электрические заряды отталкиваются, а разноименные притягиваются. И у магнитов так: одноименные полюса отталкиваются, а разноименные притягиваются!



Магнитное поле, очерченное железными опилками

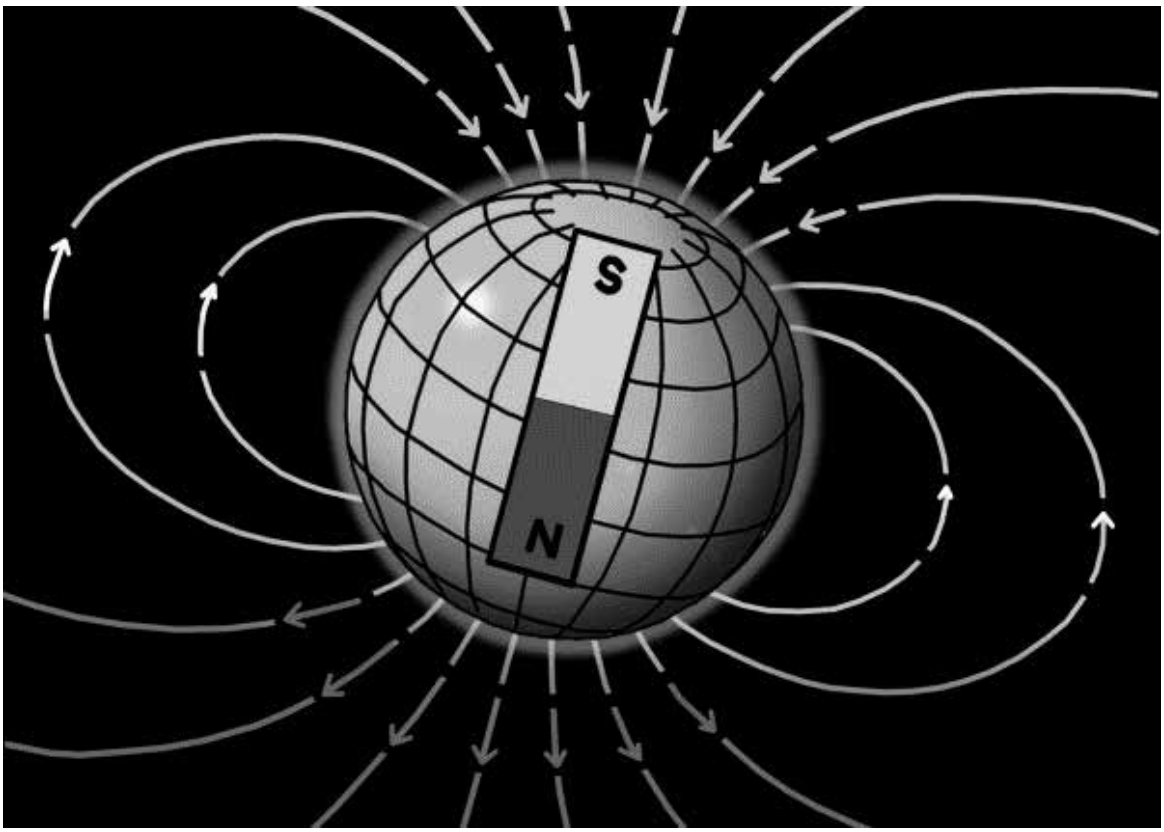


Посмотрите, опилочки словно малюсенькие стрелочки компаса лежат вдоль дугообразных линий. Эти линии назвали силовыми линиями поля. Силовые линии поля словно выходят из северного полюса магнита (N) и, описав дугу, возвращаются в его южный полюс (S). На следующем рисунке эти воображаемые линии нарисованы с условными стрелками.

Вот только электрические заряды можно разделить, накопив на каком-то предмете положительный заряд или отрицательный (если на предмете будет избыток электронов, как на янтаре, который шерстью потерли, он будет отрицательно заряжен, а если недостаток электронов – он будет заряжен положительно). А вот магнитные полюса разделить нельзя! Если мы разрежем магнит на две части посередине, на месте разреза тут же образуются новые полюса, и у нас в руках снова будет два двухполюсных магнита. Не бывает однополюсных магнитов!

Наша планета Земля – большой магнит, у нее есть северный магнитный полюс и южный, и они почти совпадают с географическими полюсами. Маленькие магнитики в виде стрелочек, которые находятся в наших компасах, являются своего рода пробниками земного магнитного поля. Их маленькое тщедушное магнитное полюшко взаимодействует с магнитным полем огромного магнита по имени Земля и поворачивает стрелку компаса синим концом на север. Это очень удобно, можно в лесу и в открытом море ориентироваться.

Ладно, это ясно.



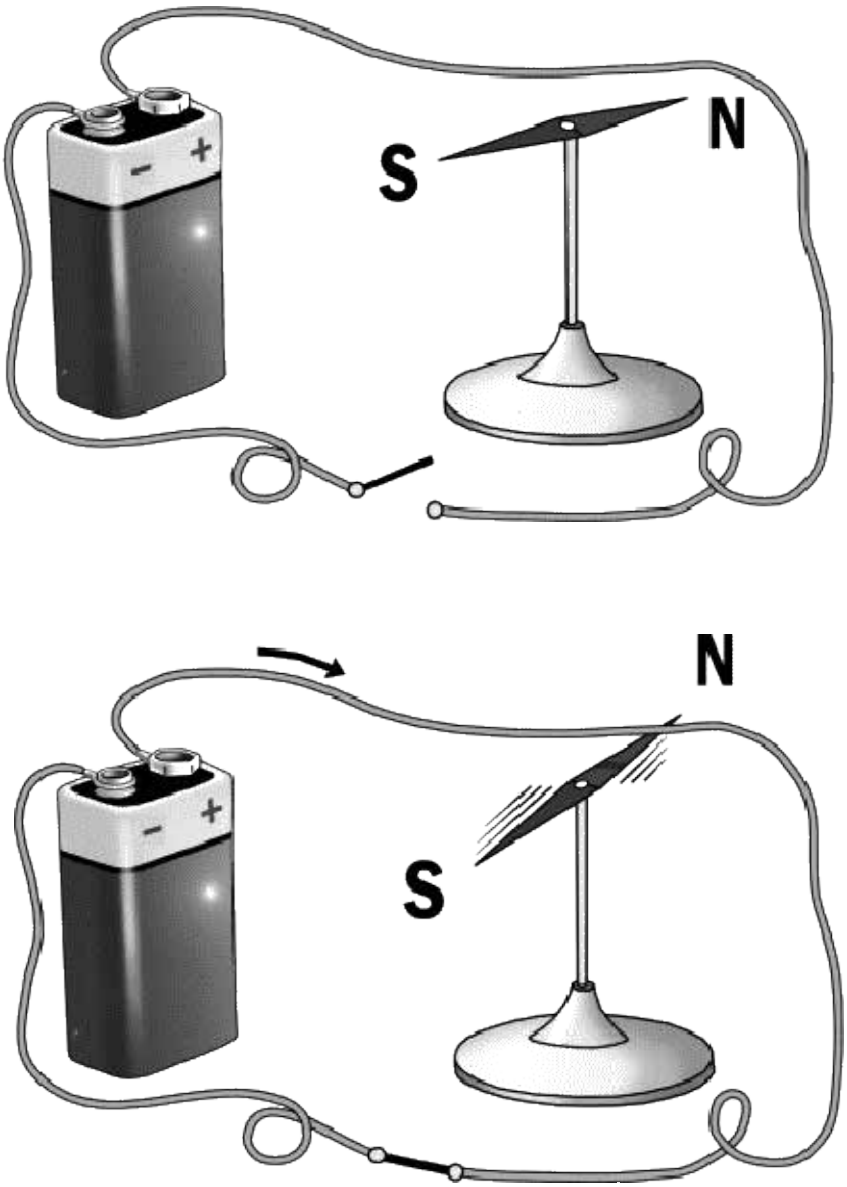
? А как магнитное поле взаимодействует с электрическим?

Весьма хитро! Магнитное поле действует только на движущиеся заряды. Если заряд относительно магнита покоится, замер, затаился, никакого взаимодействия нет, они просто не замечают друг друга, как кошка подчеркнуто не замечает неподвижный фантик. Но если фантик тронется, кошка начнет за ним настоящую охоту!.. Так и тут – стоит заряду двинуться, как магнитное поле его тут же «замечает» и начинает хватать и тащить.

? Но что такое движущиеся заряды?

Это, например, электрический ток в проводе! Возьмем проводник, то есть, попросту говоря, прямой провод, пропустим через него поток электронов и поместим в магнитное поле. Что получится?

Такой опыт еще в начале XIX века поставил физик Эрстед. XIX век называют веком угля и пара, но это был еще и век покорения электричества. Эрстед, Вольт, Ампер, Фарадей – ученые, чьими именами сегодня названы различные физические единицы (силы тока, напряжения и т. д.) – это все великие имена девятнадцатого века… Открытие Эрстеда было случайным, как и многие другие открытия в науке. Демонстрируя студентам простейшую электрическую схему с батареей, Эрстед замкнул контакты выключателя, пустив по цепи ток, и увидел, как стрелка лежащего рядом компаса дернулась и повернулась перпендикулярно к проводнику.



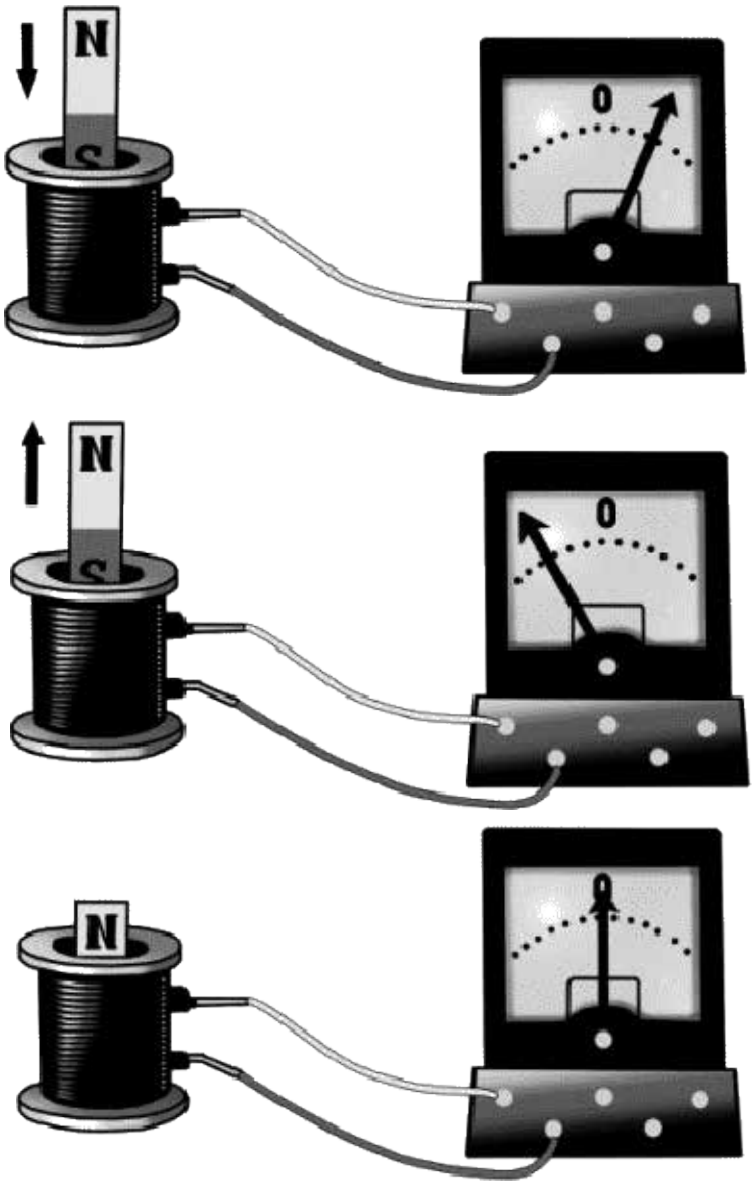
Опыт Эрстеда. Слева батарейка. По проводу течет ток, под проводом – стрелка компаса. Нет тока – стрелка повернута, как положено – по направлению север-юг. Но стоит пропустить по проводу ток от батареи, как стрелка забывает о магнитном поле Земли и повинуется большей силе – магнитному полю проводника с током

«Между магнетизмом и электричеством есть связь!» – смекнул Эрстед. И дальнейшие опыты другого физика – Фарадея – эту связь не просто подтвердили, она оказалась неразрывной! Движущиеся электрические заряды порождали вокруг себя магнитное поле (на которое и реагировала стрелка компаса), и наоборот – движущийся внутри проволочной катушки магнит порождал в проволоке электрический ток (см. рисунок ниже).

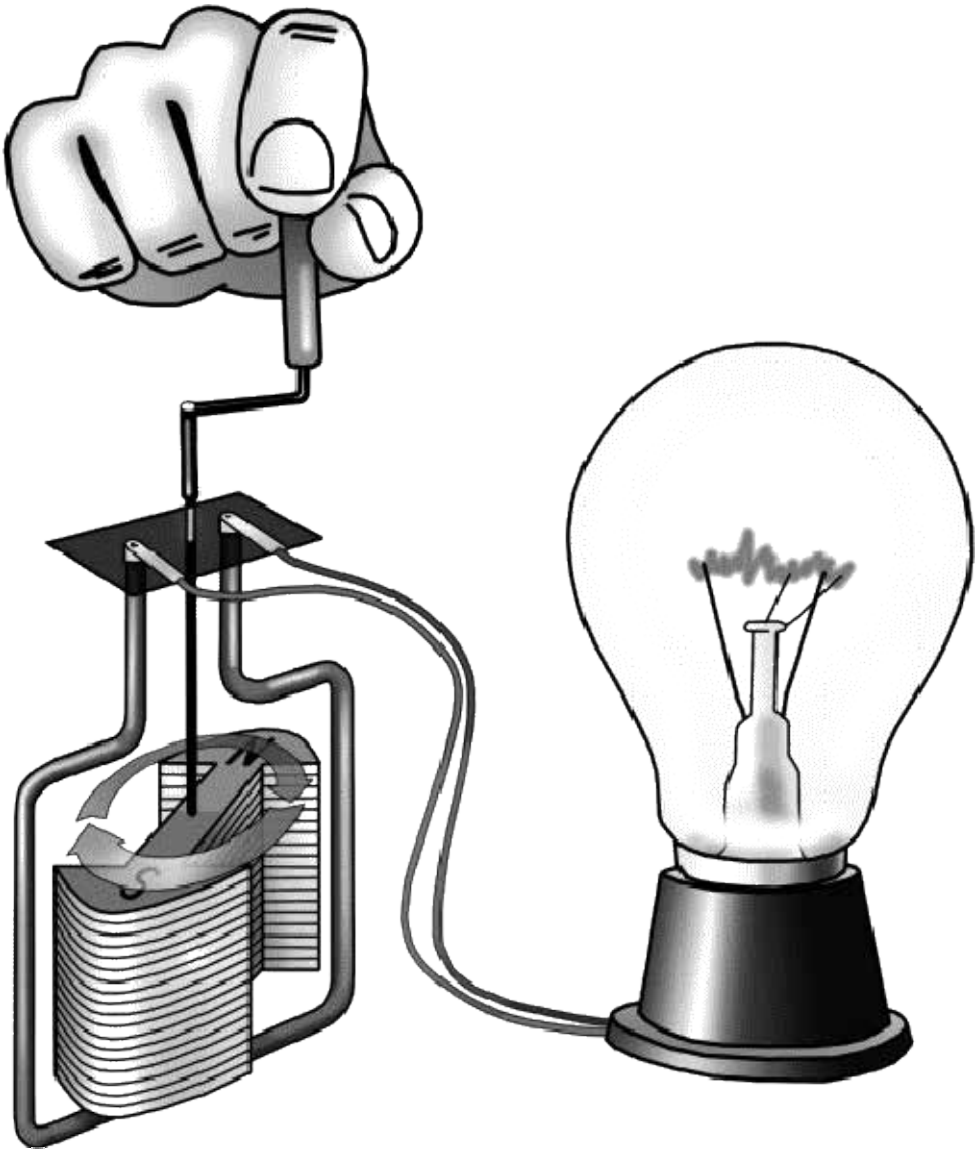
Так были придумали генераторы и электромоторы, друзья мои! Ведь если безостановочно двигать внутри замкнутых проводников магниты, в проводниках будет возникать постоянный электрический ток. На этом принципе Фарадея работают все электростанции: река крутит турбины с магнитами внутри катушек, и по линиям электропередач к потребителям идет ток. А там этот ток используют для освещения или переводят обратно в механическое движение, то есть во вращение токарного станка или, скажем, компрессора холодильника. Это делается по тому же принципу, только в обратном порядке – по принципу Эрстеда бегущий по хитросплетенным проводникам ток приводит в движение магниты, то есть ротор электродвигателя, на которое насажено сверло или еще что-нибудь полезное… Вот я вам и рассказал в предельно упрощенной форме всю суть

нашей современной электрической цивилизации.

На схемах все выглядит практически одинаково, но в инженерной реальности все, конечно, гораздо сложнее – появляются угольные щетки токосъемников, сложная намотка проводов и так далее. Нам же главное не ковыряться в железе, а понять основной принцип работы генератора и электромотора: движущийся электрический заряд порождает вокруг себя магнитное поле. Это люди и научились использовать в неизмеримой хитрости своей.



Опыт Фарадея. Ушлый Фарадей совал магнит в деревянную катушку с намотанным проводом и диву давался: сунешь – прибор показывает, что по проволоке пробежал ток, и бежит он, пока магнит движется внутрь катушки. Обратно магнит начинаешь вынимать – стрелка отклоняется в другую сторону, то есть электрический ток течет в другую сторону, но течет он по проводам только пока вынимаешь магнит, то бишь пока магнитное поле вокруг проводов движется. А если магнит неподвижен – тока нету. Такие дела…

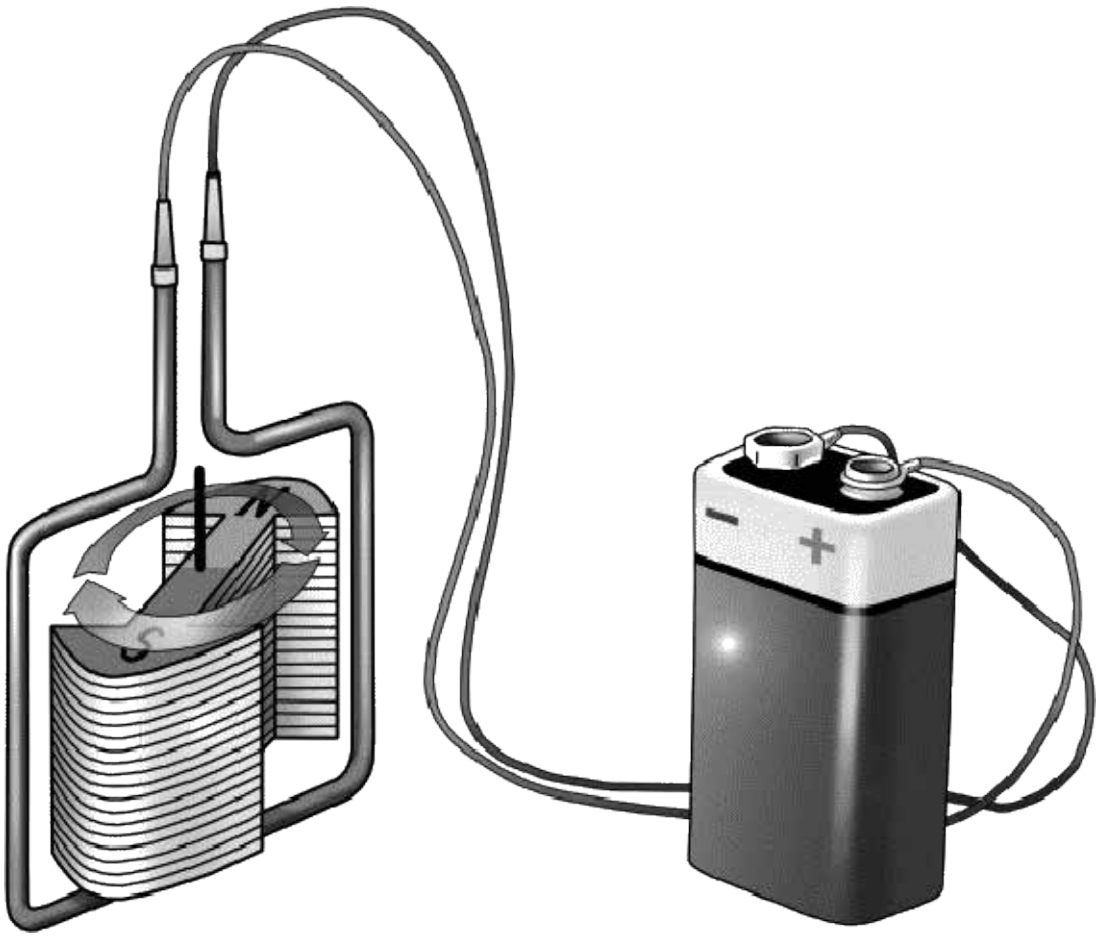


Вот вам принципиальная схема генератора постоянного тока: крутишь внутри рамки магнит – получаешь ток. Не крутишь – не получаешь.

Вы поняли? Еще раз. Движение зарядов по проводнику в опыте Эрстеда порождает магнитное поле, которое взаимодействует с магнитным полем стрелки компаса. И поворачивает ее. То есть движущееся электрическое поле порождает поле магнитное!

А движущееся магнитное поле в опыте Фарадея с катушкой порождает электрическое поле. Которое, взаимодействуя с электрическим полем электронов, толкает их по проводнику.

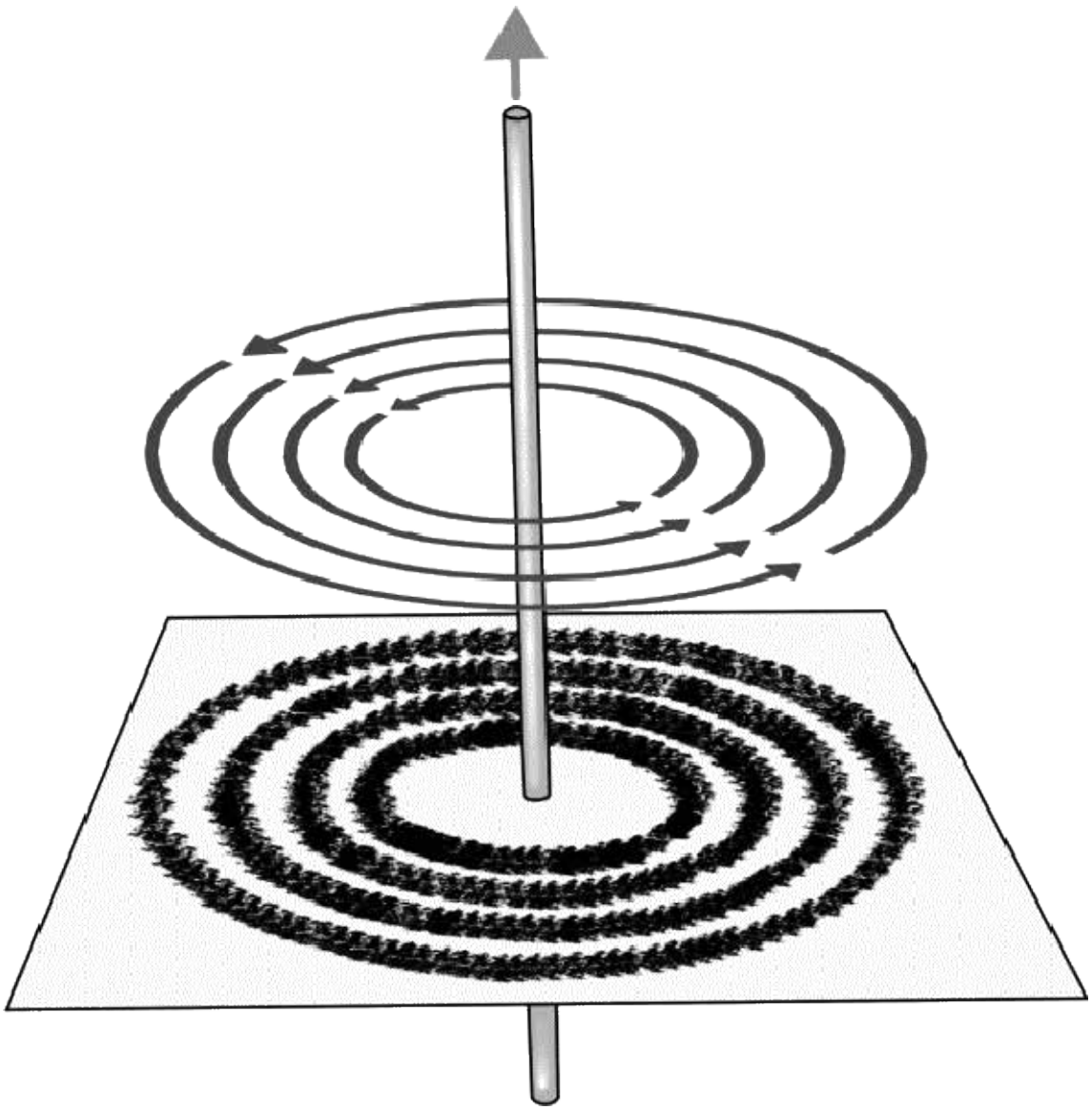
Одно поле порождает своим движением другое!



А вот вам принципиальная схема электромотора. Подаешь на рамку ток – начинает крутиться магнит. Не подаешь – не начинает.

Продолжив эксперименты Эрстеда и Фарадея, наука постепенно поняла, что магнетизм и электричество есть одна и та же сущность, которую назвали электромагнитным полем. Просто в разных экспериментах мы видим разные ипостаси, то есть проявления этой физической сущности: у постоянного магнита мы видим только магнитную составляющую электромагнитного поля, а у одинокого неподвижного зарядика – только электрическую его составляющую.

Это как орел и решка у монеты. Орел и решка вроде бы разные, но это всего лишь две стороны одной реальности по имени монета. Так и магнетизм с электричеством – две стороны одной реальности по имени электромагнитное поле.



Вот, например, на этой картинке изображено магнитное поле проволоки с током. Оно – круговое. Силовые линии этого поля замкнуты. Это подтверждают и металлические опилки, рассыпанные на бумажке, которую проткнули проводником (рисунок ниже).

? Но что такое поле по сути своей, господа и дамы, мальчики и девочки? Из чего оно сделано?

Вопрос, конечно, интересный. И физиков он, разумеется, всегда занимал. Но физики народ выдержанный. Если они не могут пока ответить на какой-то вопрос – например, из чего сделан предмет, – они на время откладывают этот вопрос в сторону и спокойно изучают свойства этого предмета. Так, например, до сих пор никто не знает, что такое заряд по сути своей. Но это же не мешает нам пользоваться розеткой! Потому что физики прекрасно изучили свойства этой таинственной сущности. И может, когда-нибудь с более глубоких позиций поймут, что такое заряд. Но для того, чтобы пользоваться чем-либо, до таких глубин добираться не нужно, вы же пользуетесь телевизором, не зная, как он устроен внутри. Просто усвоили, что если нажать такую-то кнопку – случится то-то и то-то. Именно так и ведет себя наука по отношению к миру. Только она еще пользуется математикой для описания.

Еще вопрос. Если магнитное поле порождается движущимся электрическим зарядом и

наоборот, то чем же порождается магнитное поле постоянного магнита? Ну, в самом деле, почему вот эта вот железка, тупо лежащая на столе, все время магнитит? Магнитное поле должно быть порождено движущимися зарядами! А где там они, в куске железки?

Есть там зарядики! Это электроны, движущиеся по своим орбитам! Просто в магните атомы расположены в таком порядке, что электротоки синхронно крутящихся электронов как бы складывают свою силу, образуя единое магнитное поле.

Упорядочивание расположения атомов в железке и называется намагничиванием.

Если магнитные поля электрончиков расположены хаотично, как это бывает во всяком другом веществе, то все их магнитные поля компенсируются, и никакими магнитными свойствами в среднем вещество не обладает. Но в некоторых веществах атомы можно развернуть и расположить в определенном порядке. Тогда магнитная сила их электронов начинает складываться, и мы имеем магнит.

Впервые эту идею о существовании в куске магнита неких элементарных токов высказал гениальный французский физик Ампер. До него люди все искали особые магнитные заряды – наподобие зарядов электрических. И они были по-своему правы: на уровне микромира электрическое поле порождается электрическими зарядами, присущими микрочастицам. Они и есть носители поля, которое вокруг себя распространяют. Значит, магнитное поле тоже должно порождаться особыми магнитными частицами!.. Но Ампер сказал: да нету их, не ищите, магнитное поле порождается какими-то элементарными токами внутри самого металла!.. Это была гениальная догадка, ведь об электронах тогда еще ничего не знали, а планетная теория атома была разработана только через сто лет. На сто лет опередил свое время гениальный Ампер!

Ну, а раз никаких отдельных магнитных зарядов нет, а есть лишь заряды электрические, которые просто движутся и порождают вокруг магнитное поле…. Если эти зарядики по-разному себя проявляют – то в виде электрических явлений, то в виде магнитных, – значит, электромагнитное поле действительно едино. И бессмысленно отделять орла от решки, это невозможно.

По-моему, все ясно. Или нет?

А чего тут неясного? Лежит магнит на столе. Притягивает железки, током не бьется. Мы видим только одну ипостась электромагнитного поля – магнитную.

Висит на ниточке электрический заряд, например, заряженный металлический шар. Гвозди и скрепки он не притягивает, но если к нему протянуть шаловливый пальчик – с треском проскочит искра и по пальчику шарахнет электрический разряд. Никаких тебе магнитных проявлений, одни электрические.

Теперь если мы начнем двигать магнит, то увидим проявления электрического поля (которое сможем засечь, например, по его действию на пробный заряд).

А если начнем двигать заряд на ниточке, то сможем засечь проявление вокруг него магнитного поля (по его действию на магнитное поле стрелки компаса, например).

Вы очень умный! И вы можете, хитро прищурившись, сказать: «Но ведь движение – штука относительная! Может двигаться заряд, а могу двигаться я сам относительно заряда. Или, допустим, еще круче – я стою напротив заряда, и он по отношению ко мне неподвижен и никаких магнитных свойств не проявляет. А мой приятель Петя начнет вокруг этого заряда носиться, как полоумный. Это означает, что заряд будет относительно Пети двигаться. Но движущийся заряд должен порождать магнитное поле. При этом относительно меня заряд неподвижен, а относительно безумного Пети – очень даже подвижен! Так что же происходит на самом деле – порождает висящий заряд магнитное поле или нет?»

А все зависит от точки зрения! Вы, стоящий неподвижно, не заметите никаких проявлений магнитного поля. А безумный Петя, если на бегу проведет эксперименты, заметит магнетизм своими приборами.

Вот вам простая аналогия. Если вы встанете так, чтобы толстое дерево загораживало вам солнце, вы солнца не увидите. А вот бегающий Петя, которому дерево солнце не загораживает, его увидит.

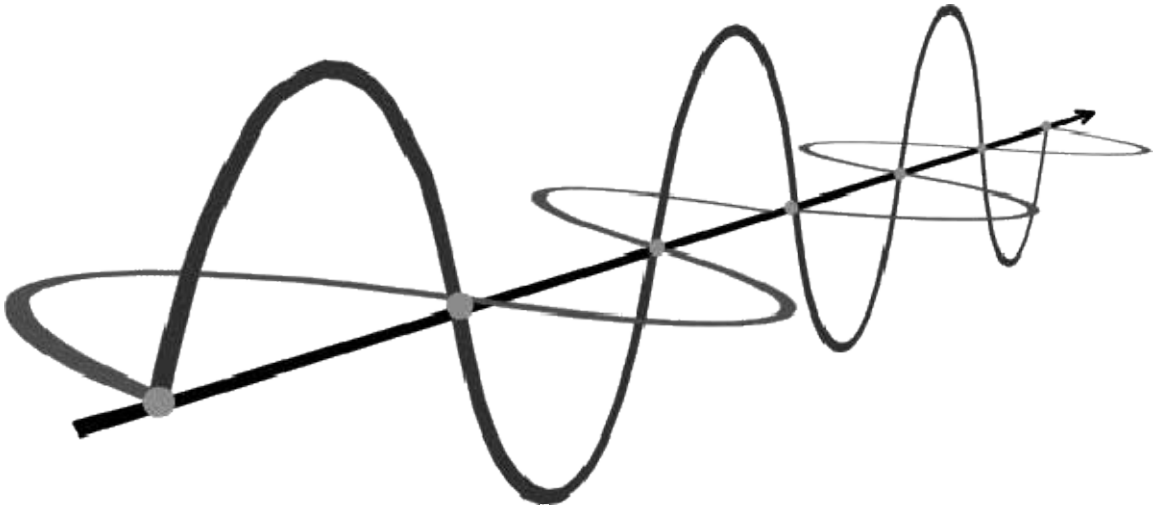
Результат эксперимента зависит от условий его проведения, от точки зрения экспериментатора. В науке такую точку зрения называют системой отсчета. Если вы сидите в движущемся поезде, то в вашей системе отсчета поезд неподвижен, поскольку вы движетесь вместе с ним с той же скоростью. А вот относительно системы отсчета Пети, который стоит на полустанке, и поезд, и вы очень даже подвижны и со свистом проноситесь мимо, оставив Петю со взъерошенными волосами. А нельзя стоять так близко от электрички!

В общем, электромагнитное поле есть единая природная реальность. Просто можно найти такую точку зрения для наблюдения за ней, что вам будет видна только одна грань этой реальности – магнитная либо электрическая.

К интересным делам мы сейчас переходим! Ох, к интересным!..

Смотрите. Вот мы толкнули магнит, висящий на веревочке. Он начал движение. А движущееся магнитное поле порождает рядышком поле электрическое. Которое, естественно, тоже движется (вслед за магнитом). Но движущееся электрическое поле должно, в свою очередь, порождать рядышком магнитное поле! А магнитное – снова неподалеку порождает электрическое. И так далее. Что это? Электромагнитная волна побежала вокруг во все стороны!

Вокруг силовых линий магнитного поля закручиваются силовые линии поля электрического, а вокруг тех – снова магнитного и так далее. А теперь мы раз – и остановили магнит! Генерация волны прекратилась. Но те волны, которые уже были сгенерированы ранее и успели убежать, все еще кругами разбегаются от нас в мировое пространство, постепенно затухая.



Распространение электромагнитной волны.

Можно и по-другому поступить – начать трясти или колебать электрический заряд. Тогда в пространстве вокруг него тоже начнет распространяться волна электромагнитных возмущений. Качающийся заряд колеблет вокруг себя поле совершенно точно так же, как дрожащая струна колеблет воздух, периодически толкая его вокруг себя. При этом мы слышим звук струны.

Звуки – это волны в воздухе, то есть периодически налетающие на нас уплотнения и разрежения воздуха. Мы этих периодических сгущений и разрежений прозрачного воздуха не видим. Но слышим. А электромагнитную волну можем засечь приборно.

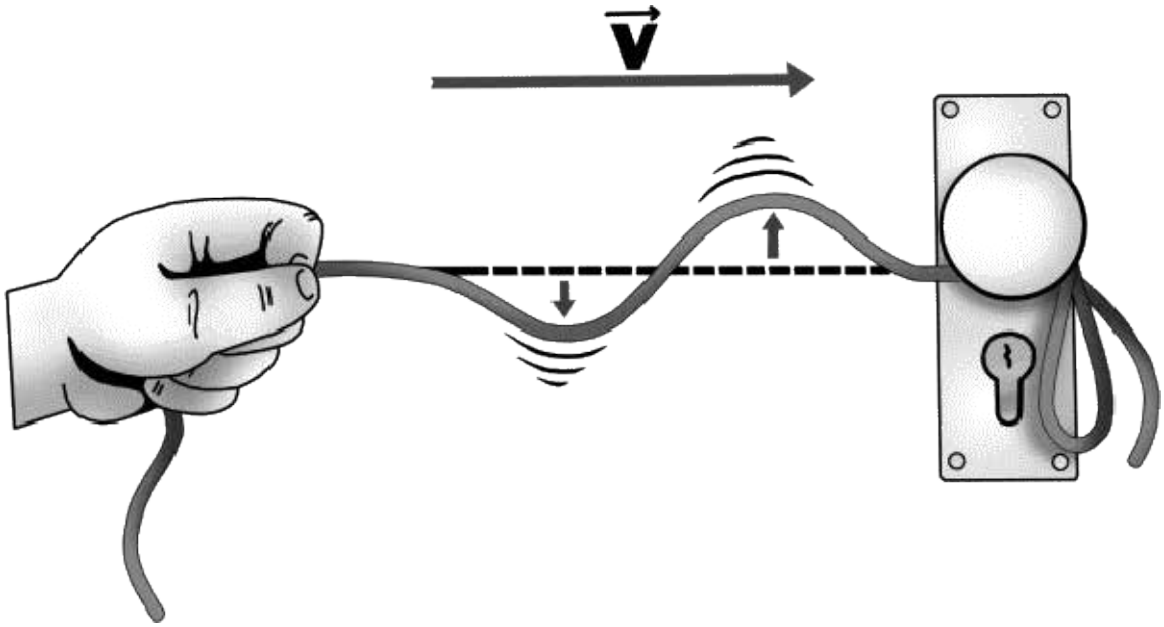
И раз уж у нас речь зашла о разных волнах, им придется уделить некоторое внимание.

Волны – это круто!

Глава 2

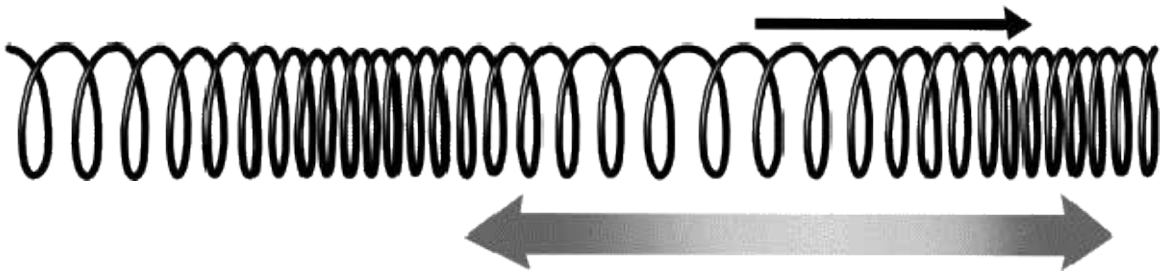
Сплошные волнения

Какие бывают волны? Продольные и поперечные. Самые привычные для нас волны – на море. Вверх-вниз, вверх-вниз. Это поперечная волна, потому что среда колеблется поперек направления бега волны. Волна бежит по морю вдоль поверхности, к берегу, то есть горизонтально, а частички воды согласованно колеблются в перпендикулярном направлении – вверх и вниз. Такая же волна образуется, если колебать привязанную к дверной ручке веревку.



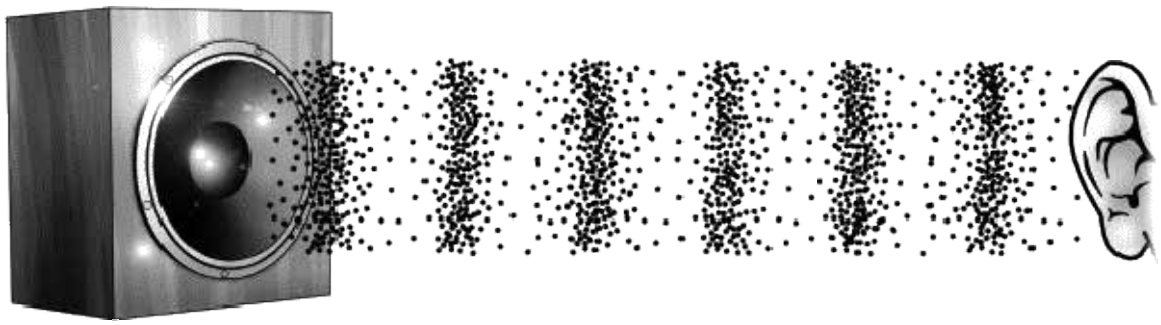
Поперечная волна

А есть волны продольные. Там колебания среды, по которой распространяется волна, происходят вдоль направления бега волны. Наиболее наглядный пример – растянутая пружина, толкнув которую, мы запускаем волну уплотнений и разрежений витков.



Продольная волна

Воздушные волны как раз продольные, в них распространяются сгущения и разрежения упругих молекул воздуха.

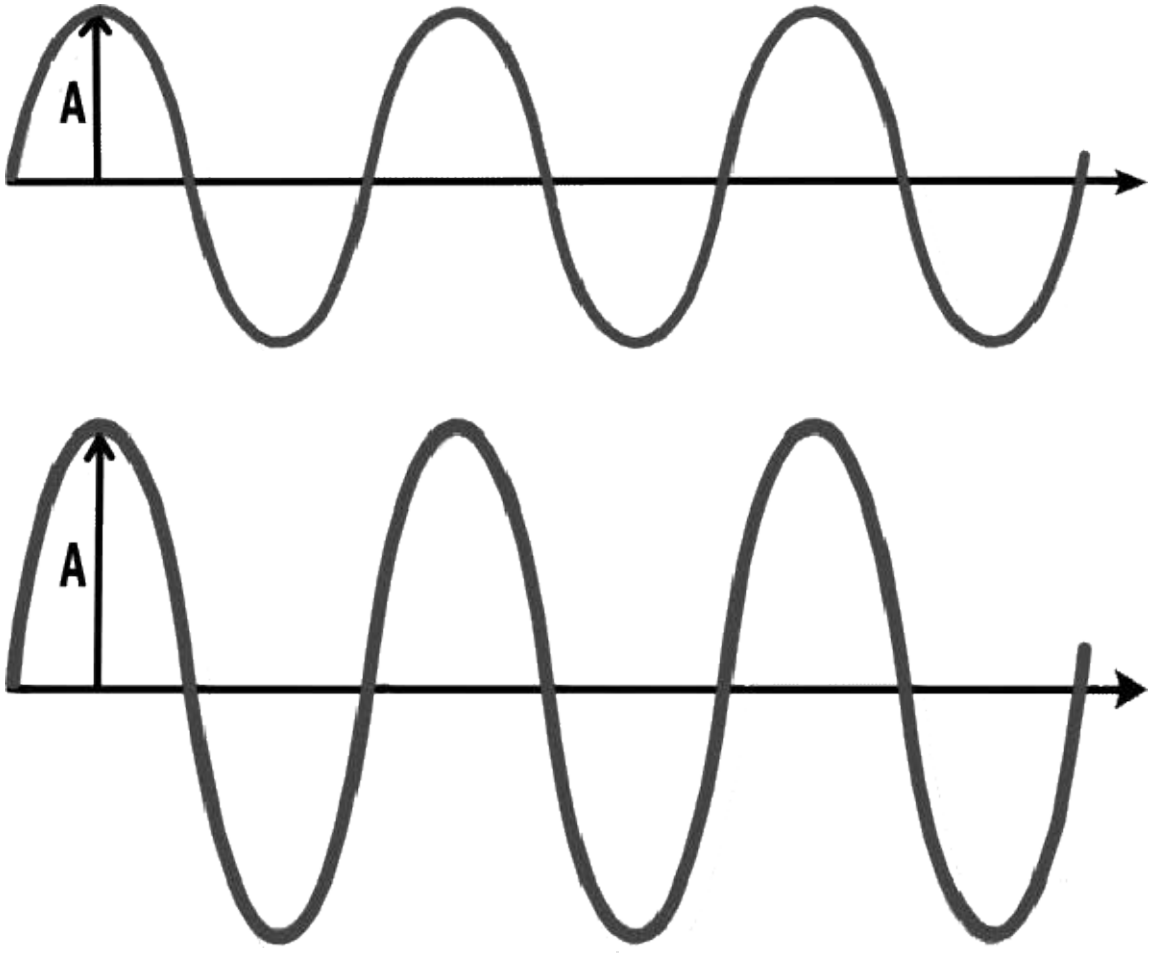


Звуковая волна

?Какие еще есть характеристики у волны?

Скорость волны. Мы про это уже говорили. Скорость зависит от среды, в которой распространяется волна. Чем она плотнее, тем выше скорость волны.

Еще одна характеристика волны – амплитуда! То есть высота волны. Амплитуда – характеристика мощности. Чем выше амплитуда, тем мощнее волна, что понятно.



Две волны с разными амплитудами

Еще одной важнейшей характеристикой является длина волны или ее частота. Длина волны – это расстояние между ближайшими гребнями поперечной волны (или соседними областями сжатия в волне продольной). А частота – количество колебаний в секунду. Частота измеряется в герцах. 1 герц – это одно колебание в секунду. 50 Гц – 50 колебаний.

Длина волны и частота – обратные величины, что совершенно понятно: чем больше длина волны, тем меньше частота и наоборот. У волны с огромной частотой длина волны крохотная. Давайте покопаемся в этом на примере звуковых волн.

Звуковые волны какой частоты мы слышим? Мы ведь воспринимаем не все звуковые волны, а только лишь определенный диапазон частот, на который от природы настроен наш приемник под названием ухо.

Волны с разными частотами (длинами волн).

Так вот, наше ухо воспринимает звуковые волны с частотой от 20 Гц до 20 тысяч Гц или, что то же самое, до 20 **кило**герц.

Я уверен, что вы прекрасно знаете приставку «кило-» в слове «**кило**грамм». Она означает «тысяча». Килограмм – это тысяча грамм. Такого рода приставок довольно много. Наверняка вы знаете и приставку «мега-», означающую «миллион». Мегабайт – это миллион байтов. А гигабайт – целый миллиард байтов. Чем больше гигабайт памяти в вашей флэшке или компьютере, тем лучше.

Без сомнения, вы также слышали об «уменьшительных» приставках «санти-» и «милли-». Первая означает одну сотую долю, а вторая – одну тысячную. Так что сантиметр – это одна сотая часть метра, миллиметр – одна тысячная метра, а миллилитр – одна тысячная доля литра. Полную табличку приставок можете посмотреть в отдельном блоке.

Приставки для сокращения наименований больших и малых величин. Не надо их запоминать: крайние почти нигде и никогда не применяются, а те, что в серединочке, сами собой запомнятся или давно уже вам известны.

Уменьшительные приставки.

Екто – одна септиллионная доля – 0,000 000 000 000 000 000 000 001. Обозначается значком **y**.

Зепто – одна секстиллионная доля – 0,000 000 000 000 000 000 001. Обозначается значком **z**.

Атто – одна квинтиллионная доля – 0,000 000 000 000 000 001. Обозначается значком **a**.

Фемто – одна квадриллионная доля – 0,000 000 000 000 001. Обозначается значком **f**.

Пико – одна триллионная – 0,000 000 000 001. Обозначается значком **p**.

Нано - одна миллиардная – 0,000 000 001. Обозначается значком **n**.

Микро - одна миллионная – 0,000 001. Обозначается значком **u**.

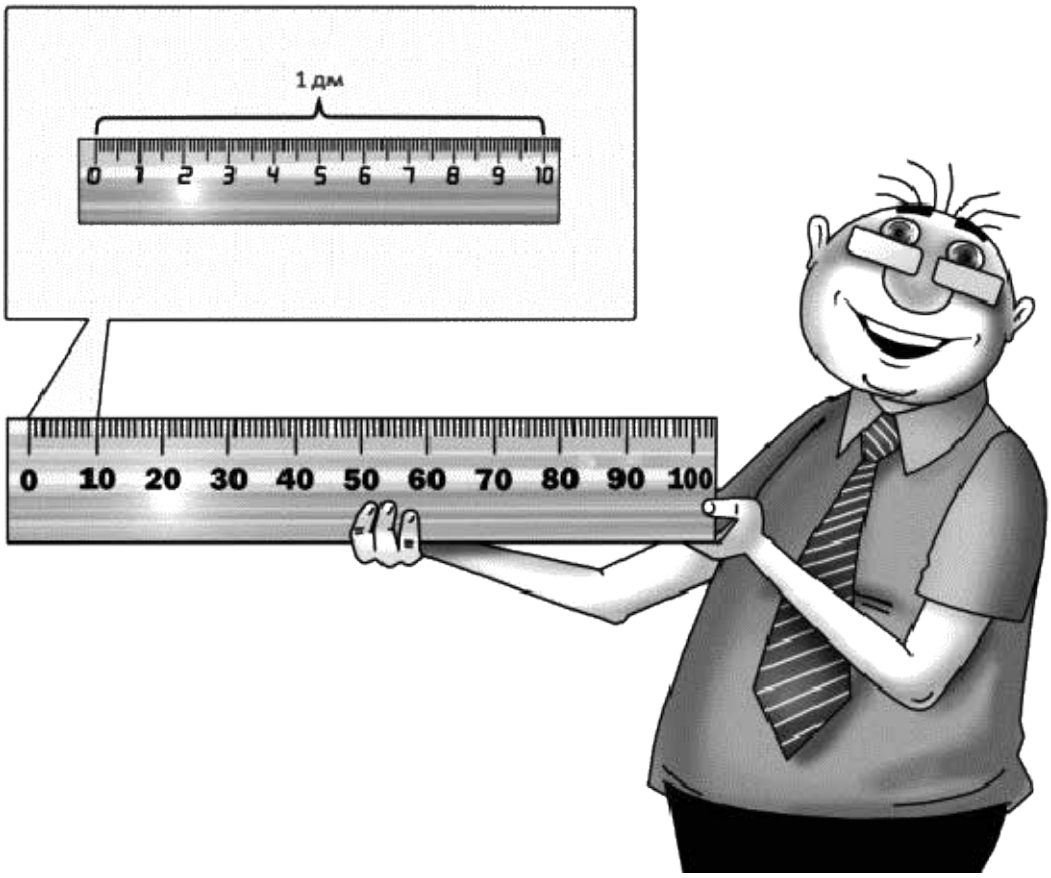
Милли - одна тысячная – 0,001. Обозначается значком **m**.

Пример: 200 ml, то есть один стакан, папина доза чаю.

Санти - одна сотая – 0,01. Обозначается значком **c**.

Пример: 100 см, а сто сантиметров это как раз 1 метр.

Деци - одна десятая – 0,1. Обозначается значком **d**. Пример: 1 dm, то есть 10 сантиметров или одна десятая метра.



Увеличительные приставки

Дека - десять – 10. Обозначается значком **D**

Пример: 4 Dl – четыре декалитра, то есть 4 ведра по 10 литров.

Гекто – сто – 100. Обозначается значком **h**.
Кило – тысяча – 1000. Обозначается значком **к**.

Мега – миллион – 1 000 000. Обозначается значком **М**.
Гига – миллиард – 1 000 000 000. Обозначается значком **G**.
Тера – триллион – 1 000 000 000 000. Обозначается значком **Т**.
Пета – квадриллион – 1 000 000 000 000 000. Обозначается значком **Р**.
Экса – квинтиллион – 1 000 000 000 000 000 000. Обозначается значком **Е**.
Зетта – секстиллион – 1 000 000 000 000 000 000 000. Обозначается значком **Z**.
Етта – септиллион – 1 000 000 000 000 000 000 000 000.

Обозначается значком **Y**.

И еще одну хитрость вам открою. Вы видите, сколько нулей тут написано? Очень много. Неудобно и долго записывать их, попутно пересчитывая и оставляя пробелы между каждой тысячей, чтобы удобнее было эти нули подсчитывать. Поэтому в науке – там, где встречаются такие длинные числа, – принято запись сокращать. Количество нулей просто обозначают маленькой вспомогательной цифиркой над десяткой. Эта маленькая цифирка называется степенью.

Например, вместо миллиона с его шестью нулями пишут так – 10^6. Это читается как «десять в шестой степени» или 10, умноженное на 10 шесть раз: 10×10×10×10×10×10 = 1 000 000.

А 10^9 – это миллиард, то есть единица и 9 нулей: 1 000 000 000.

10^3 – это единица и три нуля или 10х10х10 = 1000. Тысяча.

10^2 – это 100.

10^{12} – триллион, единичка с 12 нулями: 1 000 000 000 000.

Все просто, правда?

Тогда скажите, что такое десять в первой степени – 10^1? Это единица с одним нулем! То есть просто десять. Маленькая единичка тут ни о чем не говорит, поэтому ее никогда и не пишут, если речь идет просто о десятке.

А что делать, если нам надо указать очень маленькое число? Тогда тоже ставят маленькую циферку степени, но со знаком минус. И она означает количество цифр после запятой.

Например, десять в минус первой степени 10^{-1} – это одна десятая часть: 1/10 = 0,1.

А сколько будет десять в минус шестой – 10^{-6}? Шесть нулей – это миллион. Значит, речь идет об одной миллионной доле: 0,000 001.

А 10^{-12} – это одна триллионная часть (в триллионе двенадцать нулей).

Теперь вы владеете «нотной грамотой науки». И сами запросто определите, что такое 2×10^3, например. Правильно, это два, умноженное на десять в третьей степени (то есть на тысячу). То есть просто 2000.

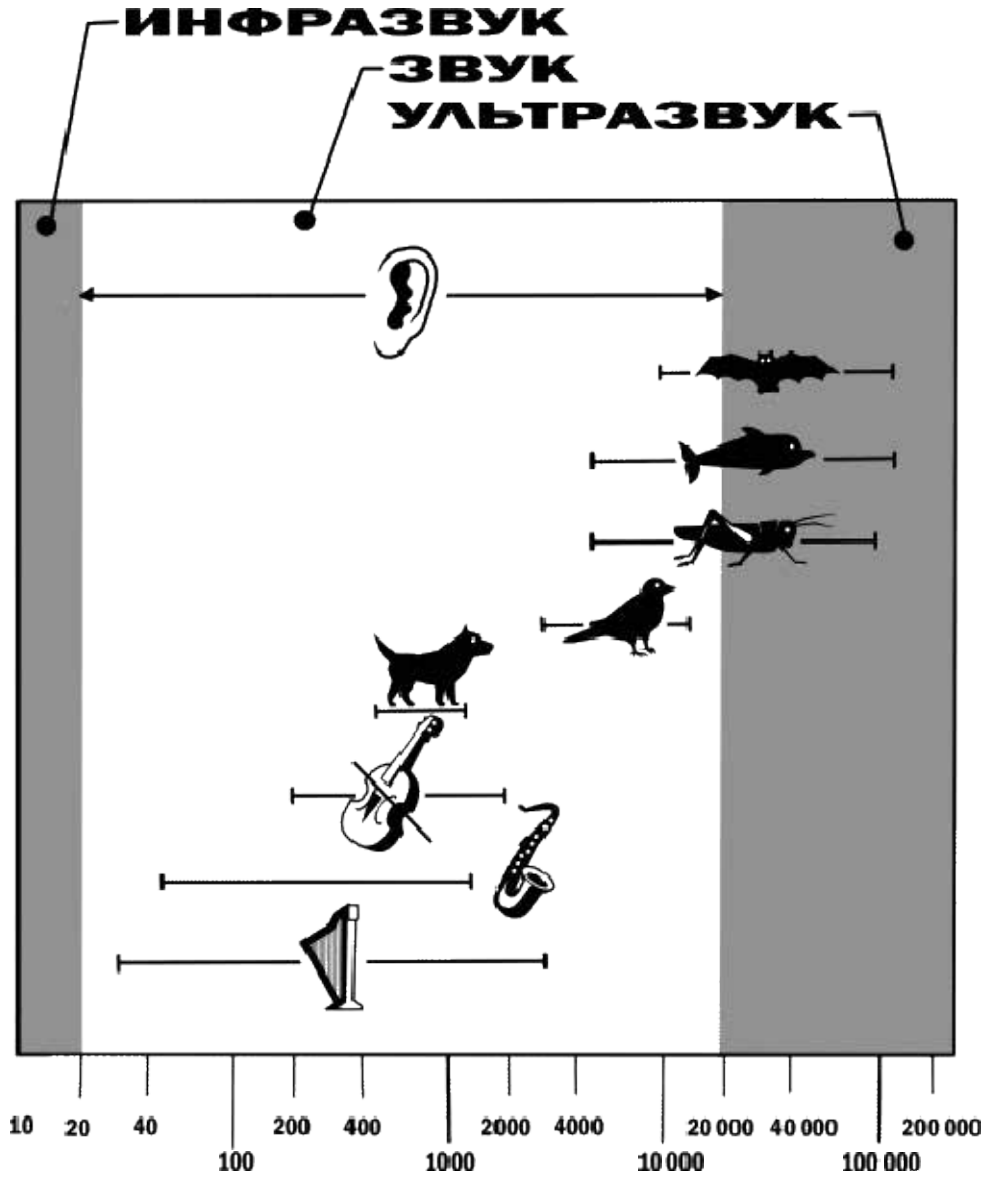
Если у вас есть 5 тысяч рублей, можете в строгом соответствии с научными правилами назвать их пятью килорублями или записать как 5×10^3 руб. Шикарно!

Посмотрите на картинку ниже. На ней белым фоном выделен тот диапазон частот, который слышит наше ухо – от 20 Гц до 20 тысяч Гц. А также показано, в каком диапазоне издают звуки различные музыкальные инструменты и некоторые животные. Низкие звуки, то есть звуки малой частоты, мы воспринимаем, как протяжный гул, а высокочастотные – как противный тонкий писк. У мамы частота звука гораздо выше, чем у папы, поэтому ее голос тоньше и визгливее. А у папы солидный бас или баритон, потому что мужской голос имеет низкую частоту и, соответственно, выглядит солиднее и убедительнее. И кулаки у папы больше.

Самый богатый инструмент из нарисованных на картинке – арфа. Арфа издает звуки наиболее широкого диапазона – гудит толстыми струнами от 30 герц и звенит самыми тонкими на 3000 герцах.

С другими инструментами, а также собачками и каркающими воронами тоже все ясно. А вот кузнечики, дельфины и летучие мыши умеют, как видите, издавать не только такие звуки, которые мы слышим (в белом поле), но и лежащие за пределами порога нашей слышимости (в сером поле).

Вот дельфин. Он издает звуки примерно от 5 тысяч герц до 180 тысяч! Таких звуков мы слышать не можем.



Издаваемые звуки и слышимый человеком диапазон

Начнем с высоких нот. По мере роста частоты звук постепенно истончается, переходит в противный писк и, наконец, перестает быть слышным, переходя в ультратонкую область.

В одном из восточных храмов прихожан поражал такой фокус – в металлический чан наливают воду, потом проводят по краю чана мокрыми пальцами, и на глазах у изумленной публики вода в чаше вдруг вскипает! Она реально начинает бурлить. И бурлит, пока водишь пальцами по краю сосуда.

Причина явления – ультразвук. Емкость сделана так, что трение по ее краю пальцем производит в металле звуковые волны ультразвуковой частоты. Металл передает свои колебания воде, и она начинает бурлить. Никаких чудес, сплошная физика.

Вообще, ультразвук «любит» твердое. Короткие волны, то есть волны высокой частоты, затухают быстрее, чем волны длинные (низкочастотные). Так, звук с частотой 10 000 герц поглощается в 100 раз сильнее, чем звук с частотой в 1000 герц. Но при этом твердое лучше проводит звук, чем жидкое и газообразное. Поэтому предпочтительная для ультразвука среда – кристаллические структуры, например, металл.

Максимальная частота ультразвука, которую удалось получить ученым – 25 миллиардов герц.

А максимальная теоретически возможная – 100 миллиардов Гц. Волны с большей частотой не смогут распространяться даже в твердой среде, поскольку будут сразу затухать прямо возле источника колебаний. Но даже и ультразвук с частотой в 25 млрд герц, полученный в экспериментах, распространяется на совсем малые расстояния, в твердых кристаллах кварца при очень низких температурах, близких к абсолютному нулю.

Люди вовсю используют ультразвуковые колебания в технике. С помощью ультразвуковых ножей в мастерских режут оргстекло и резину, а на кондитерских предприятиях – торты и пирожные. Казалось бы, зачем резать торты ультразвуковым лезвием, простого ножа что ли мало? А затем, что линия реза при этом получается очень ровная, потому как к лезвию ножа ничего не прилипает, поскольку он вибрирует с высокой частотой.

Как звук сфокусировать в одном направлении? Обычный рупор делает это прекрасно. Звуки отражаются от стенок рупора и не разлетаются в стороны, а направленно летят в сторону «цели».

Короткие волны легче фокусировать, получая направленный звуковой луч. С помощью таких лучей просвечивают металлические детали в поисках внутренних дефектов (трещинок, полостей). Это порой бывает весьма важно – например, на железнодорожном транспорте таким образом ищут дефекты в рельсах, потому что от нагрузок трещинка может увеличиться, рельс лопнет и поезд сойдет с рельсов. Поэтому едет по путям специальный вагон-дефектоскоп, просвечивает ультразвуком рельсы и, при обнаружении дефектного, дает

команду на замену. С помощью специального оборудования в металле рельса возбуждают высокочастотные колебания, ловят отраженное эхо и по характеру отраженной волны понимают, есть внутри рельса дефект или нет. Это называется эхолокация.

Эхолокацию используют не только на транспорте, но и в медицине вместо рентгена, просвечивая внутренности.

Чем человек хуже рельса? Да ничем он рельса не хуже! Я бы даже сказал, человек лучше рельса! Ну так давайте его просветим ультразвуком да посмотрим, чего там внутри. Интересно же.

Эхолокация – отличная придумка человеческого гения. Только изобрел ее не человек, а сама природа. Животные миллионы лет используют эхолокацию. Самые известные эхолокаторы – дельфины и летучие мыши. Они издают ультразвуковой писк, направляя звуковой луч вперед. Звук, отражаясь от предметов, возвращается обратно в виде эха, и животное понимает: впереди препятствие.

Это, по сути, второе зрение для дельфинов и летучих мышей, которое позволяет ориентироваться там, где не помогает зрение обычное – в мутной воде или в полной темноте подземных пещер, где обитают летучие мыши. Причем звуковое «зрение» настолько тонкое и чувствительное, что с его помощью летучие мыши охотятся на мелких насекомых, а дельфин в мутной воде, ночью или просто с закрытыми глазами может на расстоянии в 20 метров «увидеть» своим ультразвуковым «зрением» дробинку.

Для этого на лбу дельфина под кожным слоем есть особая жировая линза, она служит для фокусировки испускаемого ультразвукового луча. А приемником-пеленгатором отраженной волны служит передняя вогнутая наподобие рефлектора часть черепа дельфина. У дельфинов два органа слуха – обычный звуковой и ультразвуковой.

Дельфины – настоящие звуковые машинки. Они не только издают, но и слышат звуки в широчайшем диапазоне, гораздо шире нашего: дельфины могут воспринимать и инфразвук, и ультразвук. Кроме того, они большие болтуны. У дельфинов есть свой язык, и они все время болтают о чем-то друг с другом, обмениваясь важной и просто эмоциональной информацией. В активном словаре дельфинов около 14 тысяч «слов», с помощью которых они могут передавать друг друг довольно сложные сообщения. Например, в эксперименте два дельфина – обученный и необученный – были разделены непрозрачной, но звукопроницаемой стенкой. Так вот, не показывая, что нужно делать на собственном примере, а используя только речь, обученный дельфин может объяснить необученному, что нужно найти на дне рассыпанные пластмассовые фигурки, выбрать красный треугольник, отнести его дрессировщику и получить за это рыбку.

Причем, любопытно, что речь дельфинов строится точно так же, как наша, она состоит из отдельных звуков, которые складываются в слоги, слоги – в слова, слова – в предложения. Причем у каждого «племени» дельфинов свой собственный диалект. И это еще не все! Дельфины дают друг другу собственные имена. Причем имена эти присваиваются каждому малышу при его рождении. Это было выяснено американскими учеными экспериментально. В океане они отловили стаю из полутора десятков дельфинов и записали звуки, которые те издают. Компьютерный анализ позволил разложить звуки, издаваемые дельфинами, на отдельные слова, а из них вычленить характерные свисты личных имен. Почему экспериментаторы решили, что это имена? Потому что при воспроизведении этих звуков через динамики на них каждый раз откликался только один дельфин – тот, кого позвали.

И это означает только одно – мы не единственный разумный вид на этой планете.

Конечно, вышесказанное не относится напрямую к физике, но не рассказать про это я не мог, потому что дельфины – самые лучшие животные за Земле после нас. Попросите маму купить вам дельфина в зоомагазине…

Свет в воде распространяется плохо, а звук хорошо, поэтому природа и выбрала для

ориентировки морских обитателей, помимо зрения, еще и метод улавливания колебаний среды, в которой они плавают. И не прогадала. Если в воздухе звук от сирены мощностью в 100 киловатт (это мощность сотни электрических чайников) слышен на расстоянии в 15 километров, то в воде звук от источника мощностью всего в 1 киловатт, то есть в сто раз меньше, слышен на расстоянии в 35 километров. Вода – прекрасный проводник звука.

Поэтому с помощью ультразвуковой эхолокации дельфины не только ориентируются, но и охотятся. Их ультразвуковой радар посылает вперед луч, которым дельфины сканируют пространство и обнаруживают косяки рыб и отдельных рыбешек. В этом они похожи на летучих мышей, которые охотятся на разных мотыльков и жуков. Мыши тоже «обстреливают» перед собой ультразвуком пространство в полете, засекают мошку по курсу и на лету хватают. «Дальнобойность» этих истребителей насекомых не такая, конечно, как у дельфинов, поскольку в газовой среде колебания распространяются хуже, чем в более плотной, но мышам хватает.

А вот ночные бабочки и мотыльки, чтобы спастись от зубов ночного охотника, обрастают густым пухом. Как вы думали, почему ночные мотыльки такие мохнатые? Пухлявый покров гасит ультразвук, делая мотыльков менее заметными целями. Технология «Стелс»[1] во всей своей красе. Бабочки обрастают пухом, мыши наращивают огромные уши-локаторы. Известная гонка брони и калибра…

Однако ультразвук не только помогает живым существам, но и может представлять опасность для них. Например, ультразвуком можно стерилизовать воду или молоко, то есть он губителен для микробов. И не только для микробов, но и для небольших организмов типа гидр. Ультразвуковое облучение воды, в которой живут гидры, убивает их. Да что там микроскопические гидры! Даже такие большие существа, как лягушки и рыбы, могут быть убиты мощным ультразвуком всего за несколько минут!

Большие существа тоже не любят ультразвук. Существуют специальные ультразвуковые свистки, чтобы отпугивать бродячих псов, и даже особые ультразвуковые установки, с помощью которых избавляются от крыс. Стоит включить такую установку в подвале дома, как крысы начинают в панике бежать из него. Подобным образом борются также с вредными насекомыми и птицами.

? А что же люди? Они не сбегут из дома вместе с крысами?

Не сбегут: тот ультразвук, который пугает и нервирует крыс, люди не слышат. Однако даже неслышный ультразвук, если он имеет очень большую мощность, может отрицательно повлиять на здоровье. У людей, которые находятся под мощным ультразвуковым излучением, начинаются головные боли, тошнота, появляется неприятное покалывание во рту и в носу. Поэтому на производстве, где есть ультразвуковой фон, используют разные средства защиты – заглушки, звукопоглощающие экраны, а если возможен контакт рук с вибрирующими поверхностями и жидкостями, то применяют двойные перчатки со слоем воздуха, который гасит колебания.

Но что интересно, иногда сам ультразвук может играть роль средства защиты от опасности! Например, там, где применяют сахарную пудру – в кондитерских цехах, – прекрасно знают, какая опасность может их подстерегать. Сахар взрывоопасен, причем он относится к веществам первого класса по взрывоопасности, то есть крайне опасным. Сахарная пыль в воздухе может взорваться от малейшей искры, и нижний предел взрываемости достигается при накоплении в кубометре воздуха всего 10 г сахарной пыли. (Верхний предел – 13,5 кг на кубометр.) Причем самая опасная сахарная пыль – с размером

---

[1] По технологии «Стелс» делают военные самолеты, малозаметные для радаров. Как видите, природа изобрела ее раньше нас.

частиц в 0,03 мм, то есть та самая сахарная пудра, которой посыпают пончики и прочие сладости. Поэтому на производствах, где в воздухе может скапливаться сахарная пыль, устанавливается особо строгая техника безопасности. Иначе объемным взрывом цех может просто разнести. Именно это и случилось на сахарном заводе компании «Imperial Sugar» в штате Джорджия (США), когда из-за взрыва пудры пострадали десятки человек. Чтобы избежать повторений, и была выдвинута идея заменить сахарную пудру сахарной эмульсией, приготовленной с помощью ультразвуковой установки.

А теперь переместимся на другой край звуковой шкалы и посмотрим внимательно на инфразвук – не слышимые ухом низкочастотные, то есть длинноволновые колебания. Здесь ситуация гораздо трагичнее.

? Вы когда-нибудь что-нибудь слышали про «Летучий Голландец»?

Образ этого легендарного корабля-призрака, покинутого людьми и бороздящего просторы морей с оборванными парусами, и поныне вовсю используется в мультфильмах и кино. Легенда родилась в ту пору, когда корабли еще ходили под парусами, но по океанам уже началось оживленное морское движение. Вот тогда-то среди суеверных матросов и пошел гулять слух о корабле, населенном призраками, встреча с которым сулит несчастья.

И ведь легенда эта оказалась правдой!

Самый известный и хорошо документированный случай встречи с «Летучим Голландцем» произошел в декабре 1872 года в Атлантическом океане. В 400 морских милях от Гибралтарского пролива вахтенный матрос брига «Божьей Милостью» (Dei Gratia) поднял тревогу. Он увидел мачты какого-то судна, которое приближалось к их кораблю. Команда высыпала на палубу. Капитан Дэвид Рид поднес к глазам подзорную трубу и остолбенел – им навстречу плыло хорошо ему известное судно – «Мария Небесная» (Mary Celeste), пропавшее на просторах Атлантики вместе с ценным грузом примерно полмесяца назад.

Но боже мой, что из себя представляла эта самая «Мария Целеста»! Она кренилась на правый борт, часть парусов была сорвана ветром, спущенный грот-стаксель лежал на крыше носовой рубки, корабль шел зигзагом, плохо слушаясь курса, а на палубе не наблюдалось никакой жизни. Дэвид Рид не только хорошо знал силуэт «Марии», он был прекрасно знаком с ее капитаном, они дружили с детства, а за день до того, как несчастная «Мария Целеста» покинула порт с грузом коньячного спирта, Дэвид и его жена ужинали вместе с капитаном «Целесты» и его женой, поскольку дружили семьями.

Теперь же, судя по плачевному состоянию оснастки и парусного вооружения, «Мария Целеста» побывала в какой-то передряге, и возможно, ее экипажу требовалась помощь. Дэвид спустил шлюпку и снарядил пятерых матросов на разведку. Именно их показания впоследствии и легли в основу долгого и безуспешного расследования, которое начало Британское адмиралтейство, когда бедственное судно было приведено в Англию.

Пятеро посланных матросов поднялись на борт бригантины. И никого там не обнаружили. Ни одной живой души. На судне была мертвая тишина. На столах в кают-компании стояла посуда. Швейная машинка, на которой шила жена капитана, была будто покинута пять минут назад – на ее рабочей поверхности лежало незаконченное шитье, стояли катушка ниток и масленка для смазки механизма. Эта катушка, эта масленка и посуда на столах говорили о том, что ни в какой шторм, по крайней мере крупный, судно не попадало, иначе из-за болтанки все это оказалось бы на полу, причем посуда в разбитом виде.

Кормовые люки были почему-то открыты, а носовой люк так даже сорван с петель и валялся рядом на палубе. Пираты? Но ценный груз в виде 1700 бочек с коньячным спиртом оказался нетронутым. В трюмах находилось немного воды – примерно на метр, но в целом судно было неповрежденным. Возможно, воду наплескало волнами через открытые люки или налило дождями.

И – невероятное дело! – окна кормовой надстройки, где была каюта капитана, были закрыты брезентом и… заколочены досками! Зачем? Было видно, что команда отчаянно хотела спастись от чего-то, но не смогла и потому покинула судно. Команда состояла из десяти человек (капитан, два его помощника, кок и шесть матросов) плюс два пассажира – жена капитана и его двухлетняя дочь.

На борту «Марии Целесты» была всего одна шлюпка (должно было быть две, но вторая шлюпка осталась на берегу в ремонте), однако места в ней хватало на всех. Причем борт покидали явно в спешке – в каюте капитана остались две пачки денег и шкатулка с драгоценностями, на полу были раскиданы детские игрушки, матросы оставили на борту свои курительные трубки, что для моряка – дело немыслимое.

Следы и царапины на перилах подтверждали версию эвакуации – судя по ним, шлюпку явно не сорвало и не унесло каким-то штормом, а ее целенаправленно спустили на воду в большой спешке.

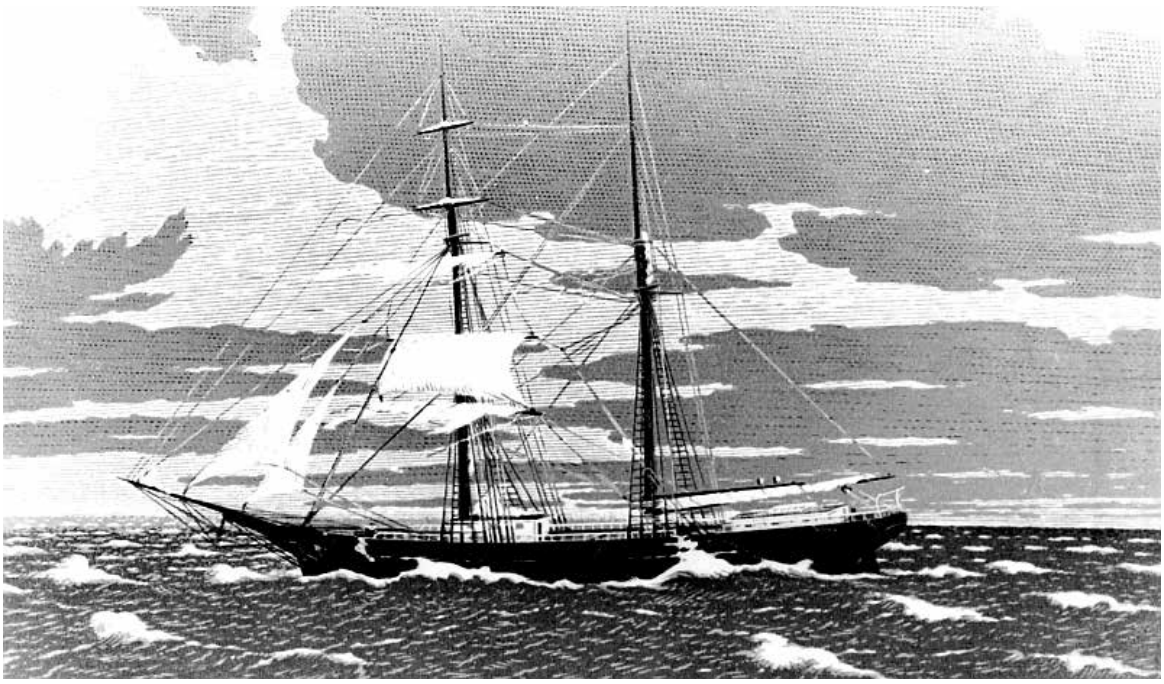
Приборы ориентирования в открытом море – секстант и хронометр на судне не обнаружились, значит, команда захватила их с собой в шлюпку. Компас, стоящий перед штурвалом, был сломан, видимо, его в спешке пытались демонтировать, чтобы забрать с собой, но неудачно – так и бросили. Документы на груз забрали с собой, а вот судовой журнал забыли. Последняя запись в нем была сделана недалеко от Азорских островов за полмесяца до обнаружения покинутого судна. При этом любопытно, что была еще одна запись – мелом на грифельной доске, она была сделана на следующий день после записи в журнале. Грифельная доска служила своего рода черновиком, на ней записывались предварительные данные расчетов перед записью в «чистовик» – судовой журнал. Так вот из записи на доске следовало, что утром 25 ноября корабль находился совсем рядом с небольшим островком Санта-Мария, принадлежащим к Азорскому архипелагу. С доски в судовой журнал запись перенести, видимо, не успели, но готовились, поскольку судовой журнал был открыт. Значит, неведомая катастрофа случилась там и тогда – утром 25 ноября у Санта-Марии.

На койке в каюте помощника капитана лежала открытая на середине книга, а на столе – недописанное письмо, обрывавшееся на полуфразе: «Моя дорогая, любимая жена! Пишу тебе…»

От чего же они бежали, ведь судно не тонуло, оно полностью сохранило плавучесть? Запасов провизии и пресной воды было полно, их бы хватило на полгода плавания…

Я не зря сказал, что это загадочное происшествие стало одним из самых первых хорошо задокументированных случаев встречи с «летучими голландцами». Ведь что такое конец девятнадцатого века? На тот момент уже больше сотни лет действовали большие страховые компании, такие как «Ллойд», которые страховали корабли и грузы на трансатлантических перевозках и были заинтересованы в тщательном расследовании каждого происшествия, чтобы извлекать уроки, набирать статистику и не терять деньги. Уже была изобретена фотография. Уже по морям плавали пароходы вперемешку с парусниками, а также «гибриды» – корабли с парусами и паровыми машинами, которые могли использовать оба движителя. Наконец, уже был проложен телеграфный кабель по дну Атлантического океана между Европой и Америкой. Цивилизация! Газеты! Пароходы!

До нас дошли фотографии несчастной «Марии Целесты», ее капитана, его жены и даже двухлетней дочери, которые находились на борту, когда бригантина выходила из американского порта с грузом и ложилась на курс в Европу. Известны все имена и возраст членов команды. Груз (бочки со спиртом) принадлежал компании «Meissner Ackermann & Coin» и был ей возвращен. Все про корабль было известно. Кроме одного – оставалось совершенно непонятным, что случилось с ним в тот злополучный день, когда команда в полном ужасе решила бриг покинуть.



Загадочная «Мария Целеста»

Международная комиссия, созданная англичанами, так и не пришла ни к какому выводу касательно того, что же произошло на борту, хотя следователи изучили бригантину с лупами вдоль и поперек, даже исследовали табак в оставленных трубках моряков, сравнивая его с табаком в их рундуках (сундучки с вещами), проводили химический анализ бурых пятен на старой сабле, найденной под кроватью капитана, подозревая, что это кровь и на корабле случился бунт команды, но это оказалась обычная ржавчина. Судно было даже обследовано водолазами в его подводной части. Все тщетно!

Загадка «Марии Целесты» не давала покоя десятилетиями. О ней фантазировали знаменитые писатели – Артур Конан Дойль, Герберт Уэллс, но разгадки тайны так никто и не дал.

Быть может, на эту аномальную историю и можно было бы не обращать внимания, если б такой корабль-призрак был един-единственный. Но ведь нет!

Двадцатью годами ранее жители прибрежного американского поселка Истон-Бич заметили, что к берегу на полном ходе идет парусник «Морская птица» (Sea bird). Причем по мере приближения к берегу он и не думал сбавлять ход. В результате корабль плотно сел на мель. Немедленно к кораблю вышла лодка, и бывшие в ней люди, поднявшись на борт, обнаружили полное отсутствие команды. При этом на столе в салоне стояла посуда, а на горячей плите в камбузе кипел кофе. Груз в трюмах (мешки с кофе из Центральной Америки), карты, судовой журнал, приборы навигации, документы – все было на месте. Из живых существ на корабле присутствовала только трясущаяся от страха собака. Расследование ничего не дало. Но тот факт, что кофе не успел выкипеть, говорил об одном: непонятная трагедия случилась совсем незадолго до посадки корабля на мель.

В октябре 1902 года, через 17 дней после отплытия из порта был найден парусник «Фрея». Экипажа на его борту не оказалось.

В том же году неподалеку от Канады экипаж корабля «Сен-Донасьен» наблюдал хлопающую парусами шхуну, на борту которой не было ни единого человека. Ловить ее не стали из-за плохих погодных условий.

В конце января 1921 года у американского берега был обнаружен севшим на мель пятимачтовый фрегат «Кэрролл А. Диринг». Команды на нем, как водится в таких случаях, не было, не было также личных вещей команды, навигационного оборудования и шлюпок, зато на камбузе (корабельная кухня) была разложена пища. На судне имелись повреждения, но получены они были, когда одинокое судно село на мель. Расследование по этому случаю

длилось несколько месяцев, но тоже так ни к чему и не привело.

В Южной Атлантике трехмачтовый бриг «Федерасьон» обнаружил старый безлюдный корабль с грузом леса. Судя по тому, какой слой ракушек на нем нарос, судно было оставлено экипажем несколько месяцев или даже лет тому назад.

А вообще, сколько времени может болтаться обезлюдевший корабль в открытом океане? Ответ на этот вопрос был получен в 1913 году. Именно тогда у берегов Огненной Земли экипаж английского парохода «Джонсон» обнаружил неизвестное судно. Это был старый парусник. На его борту сохранилось название – «Мальборо Глазго». Паруса и дерево были покрыты плесенью, а доски палубы так прогнили, что, шагая по ним, матросы с «Джонсона» рисковали провалиться. В каютах корабля и на капитанском мостике было найдено двадцать скелетов.

Оказалось, парусник «Мальборо Глазго» был построен в 1876 году, а в 1880 году ушел в свой последний рейс из Новой Зеландии с грузом мороженого мяса, каковой груз вез в Лондон. Но до Лондона корабль не дошел. Обезлюдевшим и необнаруженным он плавал по океану почти четверть века! Груз его остался на месте, только сгнил, вещи членов экипажа тоже были на своих местах. Да и команда находилась в тех помещениях, где должна была находиться по штатному расписанию. Было полное ощущение, что все погибли быстро и одновременно.

В те годы, когда случилась таинственная катастрофа с этим парусником, радиосвязи еще не было, и экипаж не мог послать никакого сигнала о спасении. Но потом радио изобрели. И вести о такого рода катастрофах зазвучали в эфире.

Так, в 1948 году радиостанции в Юго-Восточной Азии неподалеку от Суматры поймали радиограмму с корабля «Уранг Медан»: «Все мертвы, и я умираю…» Свои координаты радист передать не успел, но поскольку передачу засекли несколько радиостанций, методом триангуляции удалось быстро найти координаты источника. Первым на место происшествия прибыл корабль «Сильвер Стар». Его матросы высадились на терпящий бедствие корабль и могли только подтвердить сообщение: все мертвы, даже корабельная собака. Причем люди явно умирали в мучениях, на лицах застыла гримаса ужаса. Отбуксировать судно не удалось, из его трюма повалил дым, и корабль взорвался. Спасатели едва успели ретироваться. Считается, что экипаж и судно погубил перевозимый груз, но в связи с гибелью корабля проверить это уже не было возможности.

В 1953 году английское судно «Рэни» обнаружило в Бенгальском заливе грузовой теплоход «Холчу». Корабль имел незначительные повреждения, в частности была сломана мачта. Но в целом с судном все было в порядке – запасы воды и топлива для двигателей, груз риса в трюмах. На месте были даже все спасательные шлюпки. Не было только команды. Все пятеро членов экипажа просто исчезли.

В 1969 году у Азорских островов были найдены две безлюдные яхты. На обеих было в наличии спасательное снаряжение, запасы воды и провизии.

В 2003 году индонезийский рыболовный траулер «Хай М6» был найден дрейфующим неподалеку от Австралии. Без экипажа. Все 14 человек исчезли. При этом в трюме был улов рыбы, которая уже начала протухать.

2006 год. Неподалеку от острова Сардиния береговая охрана обнаружила двухмачтовую яхту «Прекрасная подруга» без единого человека на борту.

В том же году неподалеку от северо-восточной Австралии был найден обезлюдевший танкер «Янг Сенг».

2007 год. Прогулочный катамаран «Каз II» был обнаружен неподалеку от того места, где годом ранее нашли «Янг Сенг». Трех членов его экипажа на борту не было. Но дизель катамарана работал, на столе стоял открытый ноутбук, с борта в море была опущена леска – перед неведомой катастрофой один из членов экипажа ловил рыбу. Все три спасательных жилета были на месте. Людей искали в открытом море целую неделю, но так никого и не нашли.

Ну, и наконец, из совсем свеженького. Летом 2013 года российский ракетный крейсер

«Москва» обнаружил в Атлантическом океане не подававшую признаков жизни одномачтовую яхту. Суденышко с потрепанными парусами шло под норвежским флагом, в каюте нашли документы владельца, им оказался норвежец Гуннар Эгил Мире. Сколько вместе с ним путешествовало людей и куда они все пропали, неизвестно.

Ну и что же происходило со всеми этими кораблями и людьми, на них находившимися? Такое ощущение, что всем экипажем вдруг овладевала паника, и люди кидались за борт, не задумываясь ни о чем, или же в страшной спешке спускали шлюпку и в ужасе уплывали от вполне исправного судна.

Почему? И только ли на море бывает такое?

Оказывается, не только на море. Порой подобное происходит в горах и в некоторых пещерах, имеющих длинные, разветвленные ходы, напоминающие трубы. Пещеры такие есть и у нас в стране – на Урале и в Хакасии. Вот рассказ спелеологов (исследователей подземных глубин), побывавших в таких пещерах:

«…мне становится как-то не по себе, возникает неясное чувство тревоги. Дальше – больше, волнение нарастает. И вот я, который никогда не был трусом, трясусь как осиновый лист. Панический страх! А чего боюсь, сам не знаю. Потом ребят расспрашивал: и с ними было то же самое».

«Прошло немного времени, и мы все трое почувствовали, что в пещере не одни. Ощущение было такое, что кто-то стоит за спиной, уставившись тяжелым взглядом в затылок. Ощущение тяжести перешло в отчетливый страх. Мы решили прекратить работы и идти к выходу».

Иными словами, у людей вдруг возникает чувство беспричинного, но при этом совершенно безумного страха, ужаса, смертной тоски, они буквально места себе не находят. Или же просто кидаются бежать сломя голову. Причем интересно, что возникают такие необычные ситуации не только на море, в горах или в пещерах.

Есть в Москве такая газета «Московский комсомолец», и в ней долгие годы работает главным редактором старичок Павел Гусев. Так вот, когда этот дедушка был еще молодым студентом геологического института, решили они с друзьями поехать на моторке по речке в малонаселенной вологодской тайге. И через несколько дней путешествия на одной из речных излучин, на высоком берегу увидели старый заброшенный дом и баньку рядом с ним. Павлу и его другу Михаилу место показалось живописным, и они решили отделиться от друзей, чтобы пожить тут недельку. А что? Дом уже стоит, речка, бор сосновый, тишина, природа…

Но отдыха не получилось.

После дня, проведенного в хлопотах, наступил вечер. Вот тут ребята и почувствовали неладное. Причем, что именно идет не так, понять было невозможно. Просто навалилась какая-то странная тревожная тоска. Причем сразу на обоих. Вот как описывает это сам Павел:

«К вечеру Мишка стал совсем молчаливым, а с темнотой забрался на нары в нашем скромном убежище, да так оттуда и не спускался.

Я вдруг, вспоминая день, почувствовал какую-то тоску. А может, это была тревога? Днем сходил в сосновый бор, который манил к себе золотистым светом, грибами… Но прошел немного, и захотелось вернуться. Даже не понял, почему. Хотелось быть на лужайке, на открытом месте. Больше в лес не тянуло. Так же прошел еще один день. Мишка сделался совсем угрюмым. Почти все время проводил у реки с удочкой, искоса поглядывая на меня, как бы изучая мое поведение. Признаться, мне было не по себе. Я не мог оценить свое внутреннее состояние, не мог понять, что со мной происходит.

На третий день решил сходить на охоту. Закинув ружье на плечо, зашагал в сторону леса, который стоял плотной стеной за домом, в стороне от соснового бора».

Павел Гусев – любитель охоты. Но на сей раз она ему никакой радости не принесла. Напротив, вскоре он был вынужден бежать из леса обратно:

«…вдруг я почувствовал, понял, что меня тревожило все эти дни. Я с ужасом осознал, что я здесь не один. За мной кто-то пристально наблюдал! Но откуда? Кто? Я лишь

чувствовал, но не видел.

Быстро повернув, я буквально побежал к поляне. Свалился, чертыхнулся, отряхивая налипшую грязь, и вскоре выскочил недалеко от заброшенного дома. Тяжело дыша, прошел мимо дымящегося костерка, спустился к баньке, открыл дверь – Мишки не было. Не видно его было и на берегу.

Выскочив наверх, я озирался по сторонам, а внутри все сжалось от подступившего тошнотворного чувства одиночества. Оно наплывало, делая ноги ватными, непослушными. Мишки нигде не было. Я заорал так, что даже сам не понял, что кричу.

Внезапно я услышал Мишкин голос. Он доносился откуда-то сверху. С трудом я разглядел его почти на самой макушке березы, которая росла на краю поляны, изящно изгибаясь и нависая над рекой.

Я вскарабкался туда же и, еле отдышавшись, присел на сук чуть ниже Мишки. Он с испугом смотрел на меня, виновато моргая, отводя глаза. «Ты что?» – выдавил я.

И тут выяснилось, что все эти дни Мишка находился в подавленном состоянии, потому что ощущал себя на поляне неуютно. Но главное он понял, только когда я ушел в лес на охоту. Мишка явственно почувствовал, что за ним кто-то наблюдает.

Он чувствовал на себе взгляд. Это и заставило его опрометью кинуться к дереву и лишь на его вершине осознать свою безопасность. Тогда я поделился своими ощущениями, которые почти полностью совпали с Мишкиными. Он побледнел, руки судорожно сжали березовые ветки, которые служили ему опорой.

С дерева мы слезли, лишь когда наступили сумерки. Не разжигая костра, быстро прошли в баньку, закрылись, поужинали консервами.

Утром долго не вставали, но о вчерашнем не говорили, старались не вспоминать свою тревогу. Позавтракали у костра и вдруг, не сговариваясь, взглянули друг на друга: мы опять начинали чувствовать ужас чьего-то присутствия. Не сговариваясь, мы прихватили ружья и пошли к березе.

На ней мы и провели остаток дня. Там, наверху, в шуршащей листве, у нас родился план. Завтра немедленно уходить из этих мест. Мы больше не могли выдерживать эту пытку страхом. Он нас сковывал, превращал оцепеневшие наши фигуры в какие-то мумии. Мы проклинали день, когда решили ехать в эту глушь. И шумные многолюдные московские улицы казались какой-то нереальной, фантастической мечтой.

Утром следующего дня, собрав свои вещи, захватив немного еды, мы в буквальном смысле слова рванули что было сил из этого места. В баньке остались палатка, спальники, котелки, основная часть продуктов…»

Беспричинный оглупляющий страх, доходящий до паники, с которой невозможно бороться, которую невозможно объяснить. Откуда? Почему?

Возможно, найти ответ нам поможет эксперимент, который однажды поставил великий американский физик Роберт Вуд. Если быть точным, это даже не был в прямом смысле слова эксперимент. Просто в 1929 году Роберт Вуд приплыл на пароходе из Америки в Англию, где в ту пору известный американский сценарист Джон Л. Болдерстон ставил в одном из лондонских театров пьесу, по ходу которой действие переносилось из современности как бы в прошлое. Болдерстон хотел сделать этот театральный прыжок в прошлое эмоционально насыщенным, запоминающимся для зрителя, и своей идеей поделился с Робертом Вудом. Физик тут же предложил свой способ решения проблемы.

Люди воспринимают низкие звуки как трагичные, тревожные, рассуждал он. А давайте, предложил Вуд, сделаем столь огромную трубу, чтобы она издавала такой низкий звук, который находится на грани слышимости! Люди его практически не услышат, но наполнятся трагизмом!

Сказано – сделано. По заказу изготовили трубу намного длиннее и толще тех, которые используют в церковных органах[2]. Испытания этой звуковой пушки решили провести на

---

[2] Церковный орган – один из самых необычных инструментов. Его необычность заключается в размерах –

генеральной репетиции.

Трубы церковного органа. В самом большом органе Европы, расположенном в немецком городе Пассау, почти 18 тысяч (!) труб.

И вот в момент театрального затемнения, когда должна была поменяться сцена, в трубу подали воздух. И она неслышно зазвучала. В зале задрожали окна и начали звенеть хрустальные подвески в светильниках. Присутствовавшие в зале люди внезапно ощутили волну странного тоскливого беспокойства, на улице тревожно захрапели лошади. Больше трубу было решено не применять.

Сам Роберт Вуд так и не оценил эффект, с которым столкнулся. Зато его сполна оценили другие.

Ученые из Национальной физической лаборатории Англии провели аналогичный вудовскому эксперимент, только теперь он уже был поставлен по всем правилам науки. В аудиторию собрали 750 человек и попросили их прослушать концерт классической музыки, в котором среди обычных инструментов участвовали трубы, издававшие инфразвуки. Ассистировал физикам профессор психологии, в задачу которого входил опрос зрителей и тестирование их психологического состояния. Так вот, после концерта выяснилось, что зрителей концерт не порадовал, они чувствовали непонятный упадок настроения, тоску, гнетущую печаль, непонятный страх. Доходило до чисто физических реакций в виде мурашек по коже.

Дальнейшие исследования показали, что инфразвуки разной частоты по-разному, но

это самый большой музыкальный инструмент в мире. Звуки в нем извлекаются с помощью огромных труб. Из-за их величины звуки получаются низкими, «утробными», величественными. Это сделано специально, чтобы вызывать у прихожан возвышенно-патетическое и одновременно грустное настроение, мысли о бренности бытия и Божьем величии. Потому что люди от природы воспринимают низкие звуки, как угрожающие. Почему это так, мы поймем чуть ниже.

все равно губительно влияют на человека. Они могут вызывать беспричинный страх, переходящий в неконтролируемую панику, боль, расстройства зрения и психики и при высокой мощности даже смерть.

В пятидесятые годы прошлого века исследованиями инфразвука занялись французы. Толчком к исследованиям послужила случайность: сотрудники лаборатории с какого-то момента вдруг начали чувствовать недомогание, некоторые ощущали сильную боль в ушах. В лаборатории звенели стаканы и вибрировали приборы. При этом никакого внешнего звука не слышалось. Поиск источника этих колебаний вскоре дал результат – их вызывал неисправный вентилятор в системе вентиляции соседнего здания. Его скорость упала, и он начал генерировать инфразвук.

Заинтересовавшись этим явлением, руководитель лаборатории Виктор Гавро положил начало целому комплексу исследований. Экспериментаторы начали создавать инфразвуковые генераторы разных частот и смотреть, как они влияют на человека. Источниками служили здоровенные трубы длиной в 24 метра, гигантские свистки, вмурованные в бетон, и полутораметровый «барабан» с прорезью – когда он работал, на потолке трескалась штукатурка. Гавро хотел построить генератор, который бы выдавал колебания частотой в 7 герц, но он просто не уместился бы в лаборатории. По подсчетам исследователей, его диаметр превышал бы 7 метров.

Такие большие размеры излучателей связаны с низкой частотой, то есть большой длиной волны. Если высокочастотные колебания можно получить маленькой дрожащей фитюлькой, то для возбуждения длинных колебаний нужна массивная медленно колеблющаяся штука, своими размерами сравнимая с длиной волны. Так, например, при частоте в 7 герц длина звуковой волны составляет аж 48,5 метров. Такие длинные волны трудно остановить, они, в силу огромности, просто огибают все препятствия и распространяются дальше. А это значит, что от инфразвука трудно защититься. Он легко проникает сквозь стены и может распространяться на тысячи километров почти без затухания.

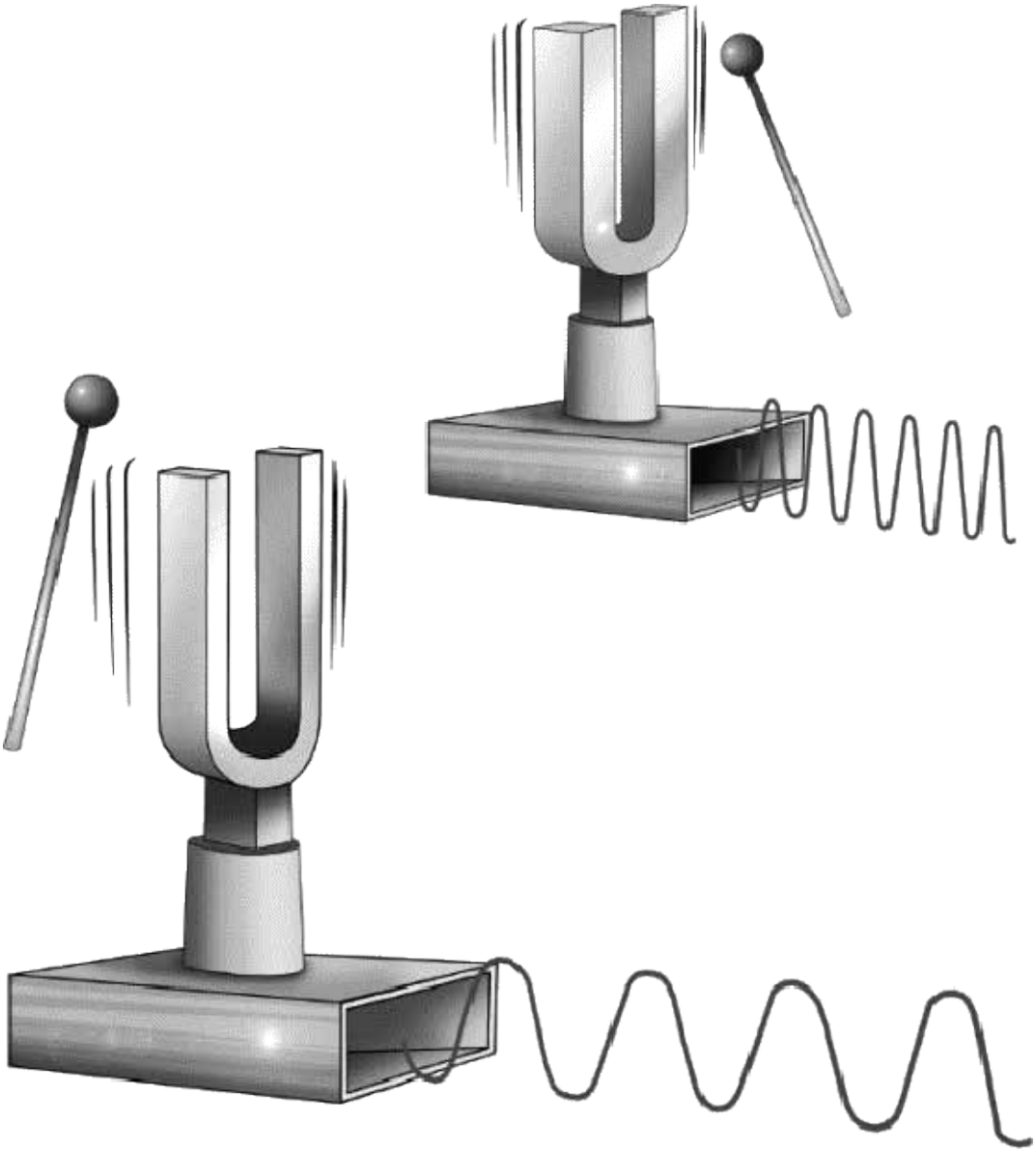
Считается, что мощный инфразвук может не только вызывать безотчетный ужас, но и убить, так как при облучении частотой в 7 герц возможна остановка сердца. Дело в том, что определенные частоты инфразвука совпадают с резонансными частотами внутренних органов человека.

? А что такое резонансные частоты и что такое вообще резонанс?

Это довольно грозное явление, из-за которого солдатам не разрешают маршировать через мосты. Если рота солдат проходит через мост не в ногу, а вразнобой, мост их, конечно, выдержит. А вот если они будут шагать в ногу, то есть выстукивая каждый шаг синхронно, пролет моста может войти в раскачку и обрушиться.

Иными словами, резонанс – это совпадение собственной частоты колебаний предмета с частотой внешней раскачки. Детские качели представляете себе? Даже самый слабый и глупый малыш может самым маленьким усилием раскачать даже самые тяжелые качели очень сильно – потому что на каждом махе будет всего лишь чуть-чуть подталкивать качели в нужную сторону, с каждым качком все добавляя и добавляя им энергии. Это и называется резонанс – качели качаются с определенной частотой, и дурачок раскачивает их с такой же частотой, отчего амплитуда качаний все увеличивается.

А что такое «собственная частота» предмета? А это частота, на которой он может колебаться. Она зависит от размеров и свойств предмета. Есть, например, такая штучка, как камертон – это двузубая металлическая «вилка» с длинными «зубцами», которая при легком ударе вибрирует, издавая звук определенной частоты. Изменения размеров камертона приводят к изменению частоты колебаний. В результате один камертон колеблется на одной ноте, а второй – на другой.



Два камертона, настроенных на две разные ноты. С помощью таких вот устройств настраивают музыкальные инструменты, сравнивая звучание струны с эталонным звуком камертона

? А что такое резонатор?

Это особая система, в которой происходит накопление энергии колебаний из-за резонанса. Причем система не очень сложная. Гитару видели? Вот ее желтый корпус с круглой дыркой и есть резонатор. Звук струны входит в резонатор, и звуковые волны, отражаясь от его стенок, складываются, усиливая громкость. Такие же (только иного размера) резонаторы есть у скрипки, контрабаса, виолончели. Деревянные коробки-подставки, на которых стоят камертоны, – это тоже резонаторы.

Наверняка вы знаете такой фокус – если поднести к уху морскую раковину, то можно услышать, как говорят, «шум моря». Действительно, шум, похожий на шепот прибоя, слышится. Это, конечно же, никакой не шум моря. Это усиленный резонатором-раковиной обычный шумовой фон нашей жизни. Он называется белый шум. Малые шумы окружают нас всегда, даже в тихой квартире, но обычно мы их не слышим, поскольку они очень слабы. Однако в раковине эти слабенькие шумы «концентрируются» и усиливаются, многократно

отражаясь от стенок и направляясь прямо в ухо. У вас есть дома приличных размеров раковина? Если нет, это прямой недосмотр родителей: быть у моря и не купить ребенку ракушку совершенно непростительно! Впрочем, этот недостаток можно исправить – вместо ракушки подойдет обычный стакан. Он точно так же усилит фоновый белый шум, если прислонить его к уху.

Кстати, а почему шум называется «белым»?

Это по аналогии со светом. Вы же помните, что белый свет получается при смешении всех цветов (светов) радуги? То есть если взять весь спектр видимого света – красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий, фиолетовый – и смешать, получится белый свет. Вот и шум широкого спектра, то есть разных частот, называют белым.

Ну, а теперь вернемся к инфразвуку.

Разные человеческие органы имеют разную частоту собственных колебаний. Существует интересное предположение, что люди видят привидения в старых замках под воздействием инфразвука, частота которого совпадает с собственной частотой глазного яблока (примерно 19 герц). Глазное яблоко при раскачке такой частотой начинает входить в резонанс, смазывая зрительную картинку. Оттого и чудится всякая чертовщина. А раскачивающий инфразвук порождается сквозняками, возникающими в результате сильных порывов ветра и гуляющими по длинным коридорам-трубам замков. Интересная гипотеза. Надо бы проверить…

Еще один прикол состоит в том, что внутренние органы человека имеют собственную частоту около 7 герц. То есть наши внутренние органы – это своего рода семигерцовые «камертоны». И значит, при воздействии внешней частотой в 7 герц они начинают входить в резонанс. Именно отсюда и паника: организм ощущает эти опасные колебания сердца, печени, легких и боится умереть, паникует. И есть отчего – при воздействии особо мощного инфразвука люди теряют голову, у них начинают лопаться сосуды, нарушается сердечный ритм и функция дыхания. Теоретически сердце может и остановиться при сильном уровне инфразвукового шума. Понятное дело, что никто на людях этого экспериментально не проверял. Но тот факт, что перед крупными землетрясениями растет число сердечных приступов и инфарктов, данное предположение подтверждает. Дело в том, что глубинные сжатия и подвижки земной коры перед ударом землетрясения как раз и порождают инфразвук. Который, как мы знаем, распространяется на огромные расстояния.

В 1966 году в Ташкенте случилось сильнейшее землетрясение, которое почти полностью разрушило город. Так вот, медицинская статистика отметила именно в этом году по сравнению с предыдущим и последующим рост сердечно-сосудистых заболеваний и проблем – инфарктов, приступов стенокардии, гипертонических кризов, эндокринных нарушений, инсультов.

В 1980 году Ташкент снова трясло и трясло сильно. Поднятая после этого медицинская статистика однозначно засвидетельствовала: в течение десяти дней перед землетрясением количество вызовов «Скорой помощи» скачком выросло в три раза. Пик вызовов случился за трое суток до первого удара. Причем чем дальше от эпицентра, тем меньше было вызовов, а чем ближе – тем больше. Причем, что интересно, страдали не только сердечники, почти в два с половиной раза выросло и число психических заболеваний.

О подобном сообщали также болгарские исследователи. Болгария страна горная, трясет там часто, и болгарами было отмечено, что даже у здоровых, но чувствительных людей перед землетрясениями отмечаются беспричинный страх, беспокойство, слабость, головокружение.

Животные гораздо чувствительнее к инфразвуку, чем люди. Многие звери слышат или ощущают инфразвук, впадая при этом в безумство и панику. Если вы вдруг увидите, как стада диких животных убегают сломя голову из какого-то места, если кошки, собаки и

лошади начинают беспокойно метаться, знайте – скоро будет землетрясение. Инфразвук распространяется на большие расстояния, предупреждая о грядущей катастрофе и пугая зверей, которые стараются в панике убраться подальше от страшного места.

Именно в этом, возможно, и состоит эволюционный смысл страха перед инфразвуком – это предупреждение об опасности. Ходят страшные рассказы о том, что в 1957 году перед мощным Гоби-Алтайским землетрясением отмечались внезапные смерти среди пастухов – еще до первых толчков они якобы падали замертво без всякой видимой причины. Если это правда, возможно, их сердца остановил инфразвук.

? Но если нас кругом окружают инфразвуки, почему мы еще живы?

Живы, потому что природные, фоновые инфразвуки очень слабы. И только в исключительных условиях, типа надвигающегося землетрясения, они могут достигать сколь-нибудь заметной силы. Инфразвук может порождаться также ветром, обтекающим горы, а концентратором, усиливающим рупором для инфразвука может послужить рельеф местности в горах, поэтому в каких-то местах люди чувствуют себя неуютно, а покинув их, успокаиваются.

Произвести инфразвук могут и длинные, похожие на органные трубы, ходы в горных пещерах. Один из спелеологов-любителей Виктор Ч. рассказывал автору этих строк:

– Я побывал, наверное, в сотне разных пещер. И только четыре или пять из них можно назвать пещерами страха. Одна из самых известных – пещера под Геленджиком. Про нее ходит множество ужасных слухов. Я там был несколько раз, но лично ничего не ощущал – просто не повезло или, наоборот, повезло. Сама пещера представляет собой прямой вертикальный ствол, шахту в горе, похожую на трубу. Этакая огромная дудочка да еще с боковыми отверстиями в виде ходов и выходов. И возможно, при ветре определенного направления и определенной силы там могут возникать опасные инфразвуковые колебания.

А на море?

А на море инфразвуковые колебания тоже вызываются ветром, обтекающим «водные горы», то есть волны. Впервые эту идею высказал физик академик Василий Шулейкин еще в 1935 году. Он даже придумал данному явлению красивое название – «голос моря». Шулейкин считал, что возбуждение инфразвука порождается срывом воздушного потока с гребня морской волны и случается это перед штормами и ураганами, когда ветер усиливается.

А это значит, что далеко распространяющийся инфразвук может заранее предупредить о надвигающейся буре.

Именно так и происходит! Медузы и некоторые другие прибрежные обитатели очень чувствительные к инфразвуковым колебаниям, поэтому перед штормом, предчувствуя его, медузы уплывают далеко в море, чтобы волнами их не выбросило на берег.

В обычных условиях морские инфразвуки маломощны, но иногда их можно ощутить непосредственно.

Именно так они и были обнаружены – в 1934 году на научно-исследовательском судне «Таймыр» в Карском море ученые запускали метеорологические зонды, наполненные водородом. Зонд – это воздушный шар с прикрепленными к нему научными приборами, который запускается для исследования атмосферы. И когда один из исследователей поднес шар к уху, он внезапно ощутил резкую боль. Отодвинул шар – боль прошла. Приблизил –

снова стрельнуло. Парень подивился и рассказал об этом Шулейкину, который тоже был на судне. Физик заинтересовался, начал думать. И додумался вот до чего…

Виновник боли – дошедший до судна издалека штормовой инфразвук. Он очень слабый и просто так воздействовать на человека не может. Но воздушный шар, поднесенный к уху, послужил для инфразвука резонатором и многократно усилил его – так, что ухо заболело. Была бы другая частота, заболел бы какой-нибудь другой срезонировавший орган. Или возникла беспричинная паника.

На равнине шар, поднесенный к уху, боли не причиняет. А на море при некоторых условиях – причиняет. Значит, на равнине инфразвуков нет, а на море есть.

Возможно, резонатором для этих звуков может послужить сам корпус корабля, это зависит от его линейных размеров и частоты долетевшего инфразвука. Если все условия для резонанса совпадают, вот тогда для экипажа и начинается настоящий кошмар. Все попытки загородиться от этой ужасной вибрации не помогают – закрывайся брезентом, забивай досками окна – ничего не поможет. Остается одно – панический побег от ужасающе вибрирующего корабля.

Ну, что, нагнал я на вас страху?

То ли еще будет! Трепещите заранее!

Глава 3
Волны-убийцы и волны видимости

Итак, ветер, то есть поток газа, обтекающий волнистую поверхность моря, может порождать в атмосфере волны инфразвуковой частоты – от 0 до 20 герц. Теперь отойдем от атмосферных волн и посмотрим на волны морские.

Про цунами все, конечно, слышали. Толчок подводного землетрясения распространяется по океану в виде мощной волны. В открытом океане она не опасна, высота ее всего-то около метра, корабль такую волну даже не заметит, тем более, что волна эта очень-очень пологая, то есть дли-и-инная. Вы ведь, надеюсь, помните, что длина волны – это расстояние между двумя соседними горбами (ну или впадинами, без разницы)? Так вот, длина волны цунами огромна – она может достигать 600 км. При этом ее скорость чертовски велика, она распространяется по морю с быстротой самолета – до 850 км/час. Но при приближении к берегу падает глубина и потому начинает катастрофически расти высота и крутизна волны. У самого берега она может достигнуть высоты в 30 метров, а это высота 10-этажного дома. Неудивительно, что такие волны разрушают целые города, выкидывают на берег огромные корабли, забрасывают на гору тепловозы и убивают десятки тысяч человек.

Например, в декабре 2006 года огромная волна цунами ударила по острову Шри-Ланка. Погибло 30 тысяч человек. И при этом практически никто из диких зверей не погиб. Представляете себе – на десятки тысяч человеческих трупов ни одного трупа животного! Спаслись и крупные звери – такие как слоны, леопарды, – и мелкие, типа кроликов и сусликов. Звери, которые во много раз более чувствительны к предупреждающему инфразвуку, почувствовали угрозу заранее и ушли от берега подальше и повыше. Если бы люди последовали за ними, никто бы не пострадал.

Обезьяны убежали в джунгли за несколько часов до удара стихии, слоны оборвали цепи, которыми были привязаны за ноги к колышкам, и ушли на холмы. Японские туристы, которые приехали на остров, чтобы понаблюдать за животными, поехали на автобусе за слонами, поднимающимися вверх, и если бы они остались там, то уцелели бы. Но, полюбовавшись на слоников, они спустились вниз в гостиницу на завтрак – и погибли, попав под удар волны.

То же самое цунами, которое ударило по Шри-Ланке, добило и до острова Пхукет. Там произошла замечательная история. Ручные слоны катали туристов и вдруг ни с того ни с сего побежали от берега в джунгли. Поскольку на одном из слонов была катающаяся девочка,

погонщики с криками помчались за слонами. Слоны, однако, и не думали их слушаться, они остановились только забежав на холм. И только потому спаслись вместе с девочкой и погонщиками.

В общем, цунами доставляет людям, живущим на океанском побережье, немало неприятностей. Но про цунами давно всем известно, в развитых странах существует служба предупреждения о цунами. Однако, помимо цунами и обычных штормовых волн, существует еще одно странное явление, которое долгое время наукой отрицалось. Это одиночные волны-убийцы.

Среди моряков давно ходили легенды о том, что порою в океане в относительно спокойном море корабль вдруг настигает неведомо откуда взявшаяся огромная одиночная волна, переворачивает судно и так же быстро уходит. Ученые долгое время считали эти слухи обычными байками: у них по теории волн свыше 20 метров в открытом океане быть никак не могло. И почему они одиночные? Откуда они берутся, если ветра нет и подводного землетрясения тоже не было? Не может такого быть!

Однако 1 января 1995 года норвежскую нефтяную платформу, которая спокойно себе добывала нефть из дна морского, разбила гигантская волна. Ее официально зафиксированная высота оказалась более 25 метров. Это были уже реальные убытки, от которых, как от слухов не отмахнешься. И поэтому была принята целая программа по поиску и исследованию таких необычных волн. Для их поиска по всей планете подключили систему спутников Европейского космического агентства и меньше чем за месяц зафиксировали на планете в разных ее местах больше десятка гигантских волн высотой свыше 25 метров!

Хочу еще раз подчеркнуть – это были не цунами, поскольку их появление никак не связано с землетрясениями и подводными извержениями вулканов. Эти волны-убийцы беспричинно возникают словно бы из ниоткуда и уходят в никуда. Причем одна такая суперволна может с мачтами накрыть огромный нефтеналивной танкер, сухогруз или контейнеровоз прямо в открытом океане. А мы знаем, что цунами в открытом океане кораблем даже не замечается!

В 1980 году неподалеку от Южной Африки гигантская волна нагнала сзади нефтеналивной танкер «Эссо Лангедок» и прокатилась на нему, накрыв даже радиомачты. Когда она схлынула, помощник капитана, находившийся в рубке, даже успел сфотографировать ее.

Бывали такие случаи и ранее. Например, в 1973 году 300-метровый танкер «Свиленд» держал курс, борясь с 12-метровыми волнами во время шторма. Это в принципе большие волны! Но учитывая, что высота танкера была 30 метров, он с ними справлялся шутя. И вдруг прямо по курсу возникла гигантская волна, перед которой зиял огромный провал. В который судно и ухнуло. Гигантская волна ударила в танкер, перекатилась через него, травмировав нескольких матросов, и ушла.

А вот как описывает свою встречу с аномальной волной офицер британского военного корабля: «Крейсер шел быстро и почти без качки, встречая умеренную зыбь и ветровые волны, когда внезапно мы провалились в яму и понеслись вниз навстречу следующей волне, которая прокатилась через первые орудийные башни и обрушилась на наш открытый капитанский мостик. Я был сбит с ног и на высоте 10 метров над уровнем моря оказался в полуметровом слое воды. Корабль испытал такой удар, что многие решили, что нас торпедировали, и заняли места по боевой тревоге. Капитан сразу же уменьшил ход, но эта предосторожность оказалась напрасной, так как умеренные условия плавания восстановились и больше «ям» не попадалось».

Крейсеру повезло. Но так везет не всем. У берегов Японии похожая волна ударила в английский сухогруз «Дербишир», пробила грузовой люк и хлынула в трюм. Огромный корабль длиной в 300 метров, которому, казалось бы, ничего не страшно, затонул, унеся с собой на дно почти полсотни человек.

А вот как погиб нефтеналивной танкер «Всемирная слава». Получив штормовое предупреждение, корабль сбавил ход и держался носом к волне, прекрасно справляясь с

ситуацией. Однако в какой-то момент невесть откуда возникла огромная 20-метровая волна, взобравшись на которую, танкер вывесил нос и корму, которые оказались на какой-то момент в воздухе, не будучи удерживаемые водой. И корабль просто переломился пополам, разлив всю нефть. Какое-то время его половинки еще сохраняли плавучесть, но потом затонули.

Не повезло и судну «Нептун Сапфир», которому удар огромной волны оторвал нос – переднюю часть корабля длиной с 20-этажный дом просто отломило.

Считается, что именно волны-убийцы стали за последнюю четверть века причинами гибели более двух сотен кораблей,

причем десятая часть из них – это гигантские супертанкеры, которые считались непотопляемыми.

В теории самый сильный ветер при самых благоприятных условиях не сможет нагнать волну выше 20 метров в высоту. Откуда же берутся волны высотой в 30 метров, если теория их запрещает? Значит, они результат не ветрового нагона. И не результат землетрясения. А чего тогда?

Ведут себя эти волны странно. Иногда такая волна-убийца вдруг нежданно возникает в полном одиночестве, а затем пропадает без следа. А иногда такие волны возникают целой серией и бегут по океану, преодолевая сотни километров.

Возможно, эти суперволны – результат сложения, суммирования волн поменьше, предположили ученые. Так оно в итоге и оказалось: волны-убийцы – порождение наложения разных волн друг на друга.

? А что, разве волны умеют складываться?

Да, мои маленькие и крупные друзья, волны умеют складываться! И это очень и очень интересное дело. Интересное как на практике, так и в виде отвлеченных рассуждений.

Вот смотрите… Физика изучает взаимодействие всяких физических тел. К телам мы привычные, мы и сами – тела на ножках. Все физические тела сделаны из вещества. Мы теперь знаем, как оно устроено на разных уровнях: три элементарные частицы – атомы – молекулы. Кроме вещества, в этом мире существует еще некое неосязаемое и невидимое поле, как мы выяснили. Вещество и поле называют громким словом «материя». Физики изучают свойства материи. И вот теперь выясняется, что физики изучают еще и волны.

А что такое волны? Это и не вещество и не загадочное поле. Волна – это чистое движение. Процесс! Процесс колебания частиц среды, в которой распространяются волны. При этом сами свойства среды физиков, изучающих волны, не особо интересуют. Это может их заинтересовать только если указанные свойства среды влияют на распространение волн в ней. А так физиков-волновиков интересуют только свойства самих волн – как таковых. Им интересно, как волны преломляются, как они огибают препятствия, как складываются друг с другом или гасят друг друга.

Выясняется, что вне зависимости от того, какое именно вещество колеблется, то есть по какой именно среде передаются волны, у всех волн, как у физического процесса, наблюдаются одни и те же свойства.

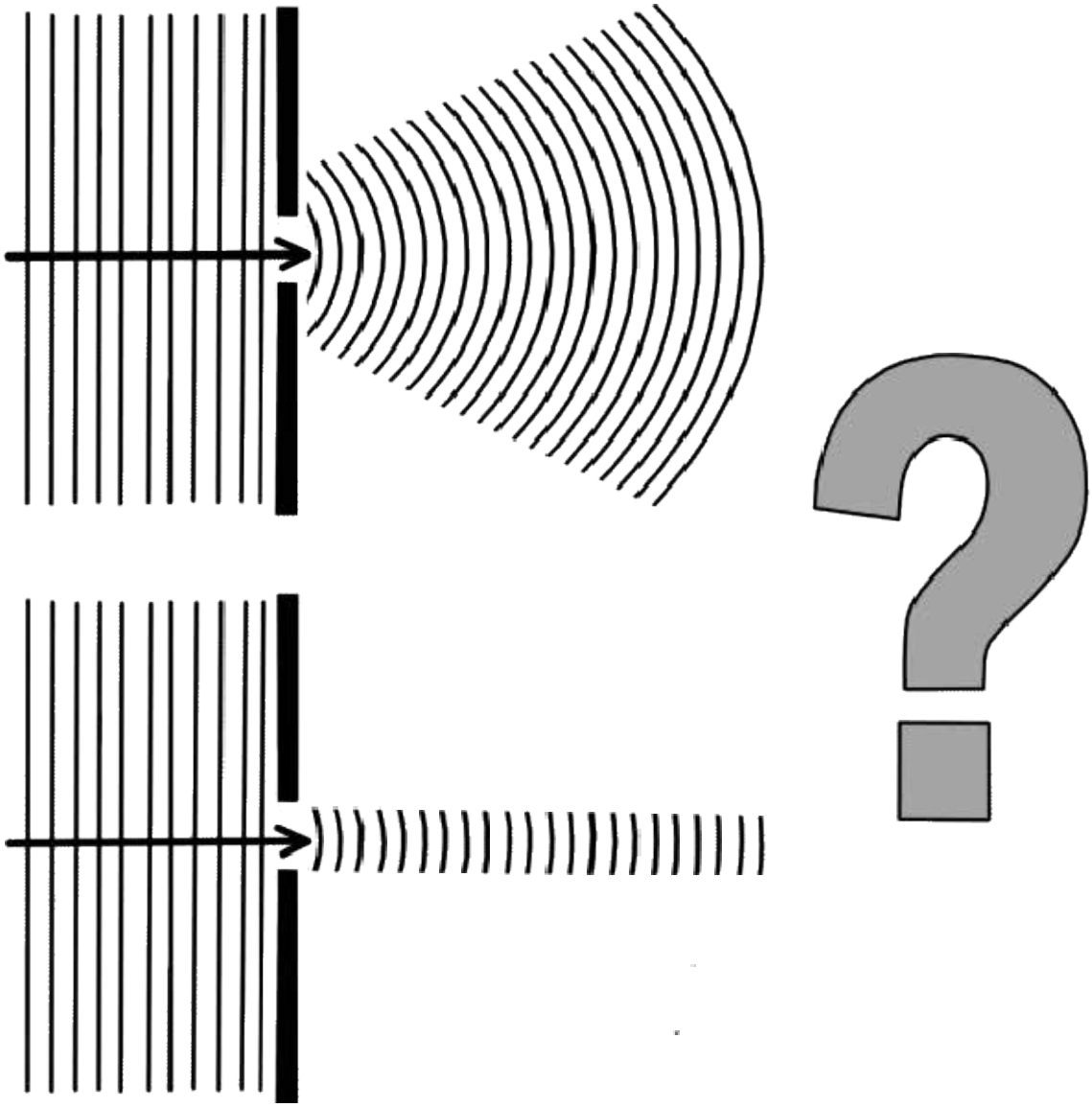
Самыми известными из этих свойств являются дифракция и интерференция.

Эти многомудрые слова не должны вас пугать. Напротив, принятие вами на вооружение новых научных слов делает вас сильнее, круче и богаче на голову.

Что такое дифракция? Это способность волн огибать препятствия или проходить сквозь щели. И не спрашивайте меня, каких волн – водяных или воздушных. Любых! Потому что волновая физика изучает свойства процесса распространения волн, а не свойства среды, по

которой они бегут. Общие свойства волн от среды не зависят.

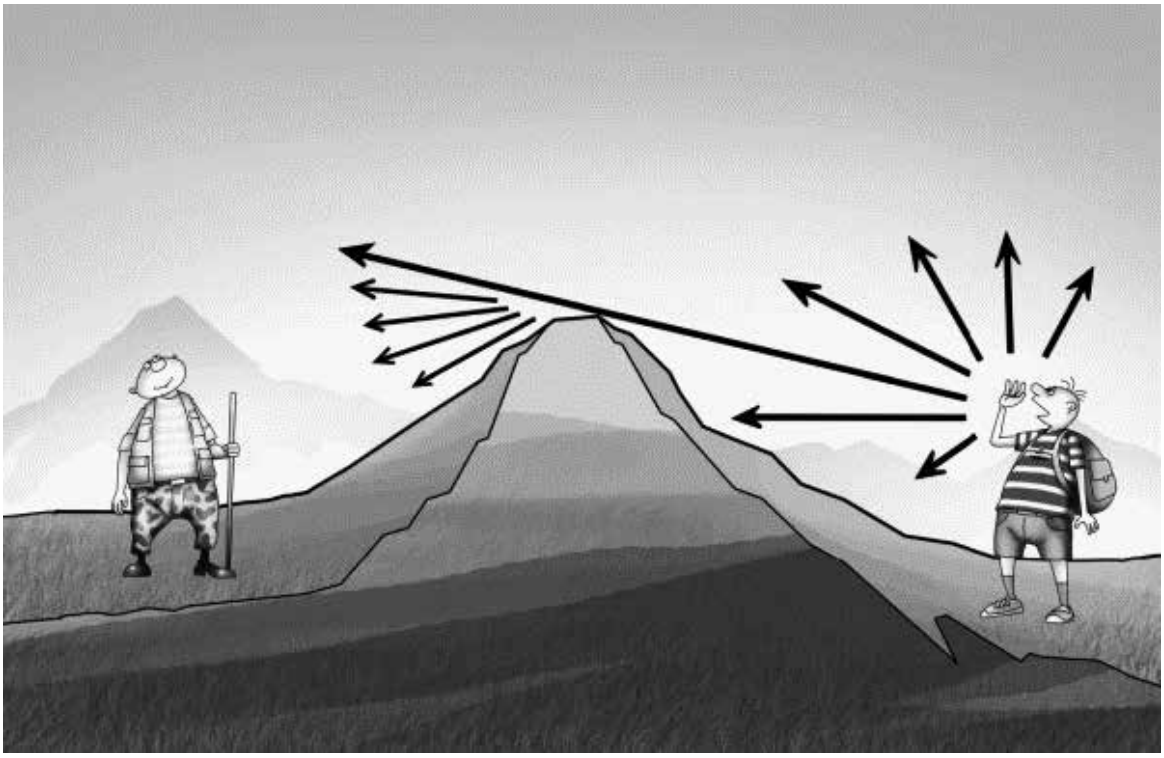
Посмотрите внимательно на два рисунка ниже. Слева на стенку набегает сплошной волновой фронт. В стенке дырка. Как вы думаете, каким образом после дырки будет распространяться волна – как нарисовано на первом рисунке или как на втором?



Слева набегают волны. Какой характер будет носить их распространение после отверстия в стенке – как на первой картинке или как на второй?

Правильный ответ – как на первом. Потому что у волн есть свойство «загибаться», то есть слегка огибать препятствие и проникать в область геометрической тени. То есть, казалось бы, в каком-то месте за препятствием колебаний быть не должно, но волна эдак аккуратно за препятствие заглядывает и бежит там, где должна была быть волновая тень, если бы волны огибать препятствия не умели.

Если вас и вашего приятеля будет разделять небольшая гора, и он, поднатужившись, крикнет из-за горы, вы его услышите, хотя гора вас затеняет от звука. Это произойдет потому, что волны имеют свойство препятствия огибать. (Конечно, гора должна быть при этом не слишком велика, а то звук просто ослабнет из-за расстояния.)

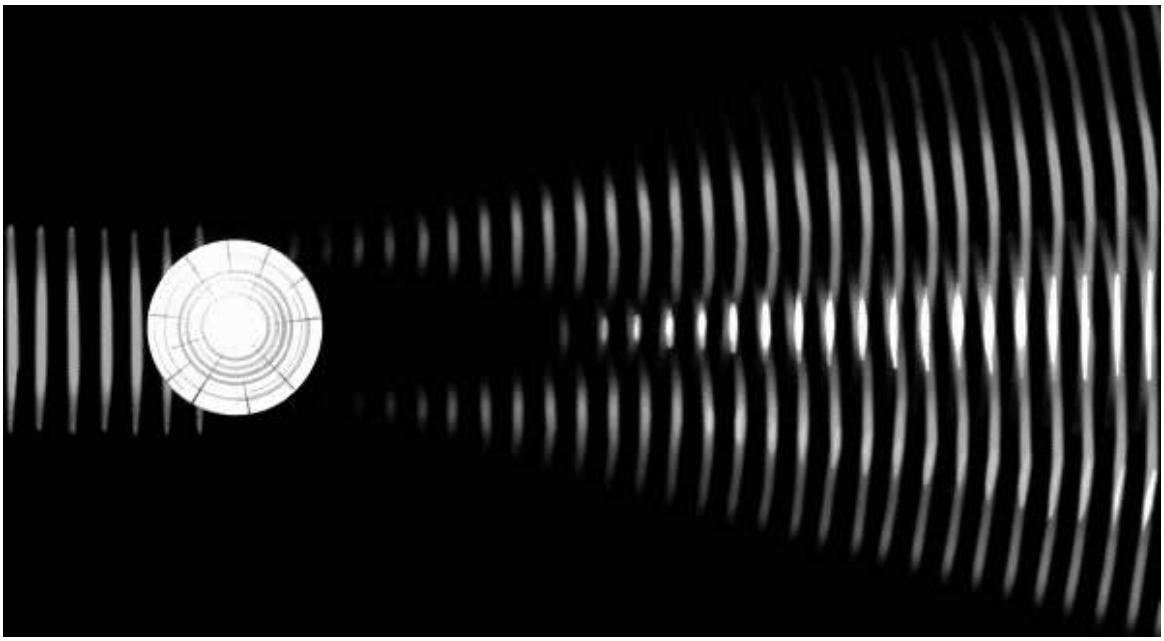


Голос вопящего за горой слышен из-за дифракции

Теперь самым внимательным образом посмотрите на картинку ниже. Здесь волны не проникают через дырку в стенке, а огибают столбик, на который мы смотрим как бы сверху.

А почему после огибания препятствия там получилась какая-то полосатая зебра? Да потому что волны, с двух сторон обогнувшие края столбика, встретились и начали складываться и минусоваться друг с другом. Если горбик одной волны совпал с горбиком другой, получилась волна вдвое выше. А если горбик одной волны совпал с провалом другой, они погасили друг друга – горбик заполнил провал. Вот и получается – где-то двойные волны, а где-то волн вовсе нет.

Сложение волн друг с другом называется интерференцией. И в данном случае эта интерференция у нас получилась из-за дифракции, то есть из-за того, что волны разделились препятствием, обогнули его, чуть изменив направление, и встретились друг с другом, начав складываться друг с другом и вычитаться друг из друга.



Волна огибает столб, давая полосчатый рисунок

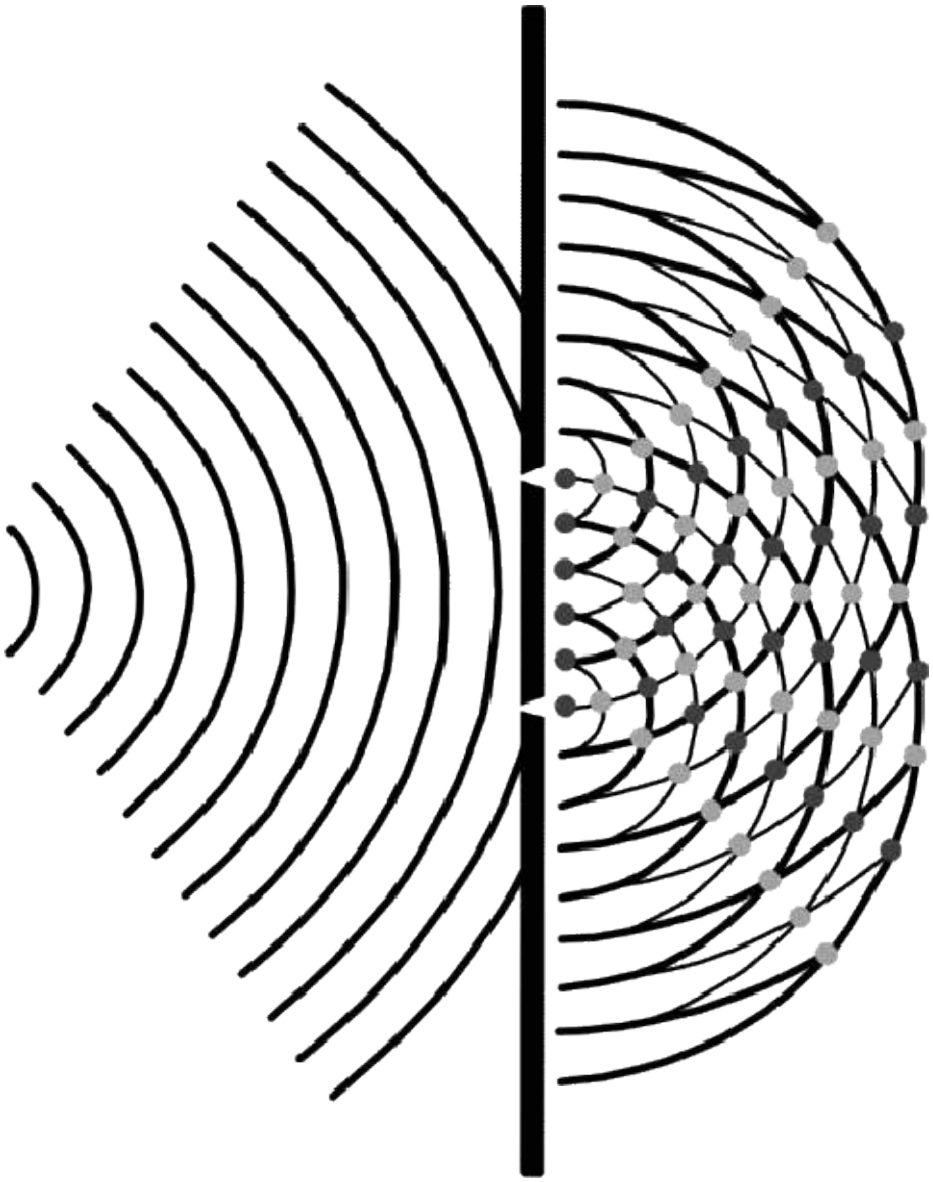
Разумеется, складываться и вычитаться могут только волны одной частоты, в науке их называют когерентными. А если частоты разные? Тогда сложения не будет, а будет независимый бег волн – как на море. Представьте себе, как по морю катятся большие валы волн, а по их поверхности распространяется мелкая рябь, которая никак не мешает накату больших волн. Эти разные волны существуют параллельно и сложиться не могут. А вот если частота (длина волн) совпадает – тогда могут.

В физике складывается только то, что может сложиться. Бесполезно складывать пять яблок и три трактора, у вас все равно будет пять яблок и три трактора. А вот пять яблок и три яблока сложить можно – получится 8 яблок. Не так ли? Этим физика отличается от математики. В математике складываются голые цифры, а в физике – вполне конкретные величины. Поэтому мой вам хороший совет: когда вы станете академиком в области физики, всегда обращайте внимание на единицы измерения того, что складываете. А то еще сложите по забывчивости килограммы с метрами или вольты с амперами, греха не оберешься. За такое и Нобелевскую премию могут сразу отнять! Потому как это все равно, что в математике на ноль разделить – за подобное математики сразу убить могут.

А теперь вообразите, что у нас неподалеку от берега есть два источника когерентных волн, то есть тех, которые могут складываться – с одной частотой. Ну, как будто мы одновременно бросили неподалеку друг от друга два совершенно одинаковых камушка, породившие одинаковые волны.

Картинка того, как они будут складываться, нарисована ниже.

Здесь толстыми линиями нарисованы бугры волн, а тонкими линиями – впадинки. Места, где встречаются бугры, обозначены черными кружочками, здесь из-за сложения высота суммированных волн будет вдвое выше. А места, где встречаются бугор одной волны и впадинка другой, обозначены белыми. Здесь волна гасится, бугор поглощается впадинкой, и волнения нет.



Сложение когерентных волн

Но поскольку волны расходятся от упавших камней кругами, на берегу будет наблюдаться удивительная картина – в одних местах, куда подбегают удвоенные волны, будет сильный прибой (лучи распространения показаны желтым). А между ними – тишина и спокойствие, никаких волн! Этакий пунктирный прибой.

Волновые лучи – результат сложения круговых волн из двух источников возбуждения. Прелестно!

А теперь внимание! Сейчас будет фокус!

Необычайно хитрые физики XVIII века пропускали солнечный свет через маленькую дырочку в плотной занавеске на окне и получали тонкий солнечный луч. Который затем пропускали через две маленькие щели в черном экране. Свет, пройдя через щель, расширялся конусом, огибая препятствие в виде краев щели (дифракция), и распространялся конусом дальше, встречался с соседним, точно таким же конусом. И оба лучевых конуса начинали складываться и вычитаться (интерференция).

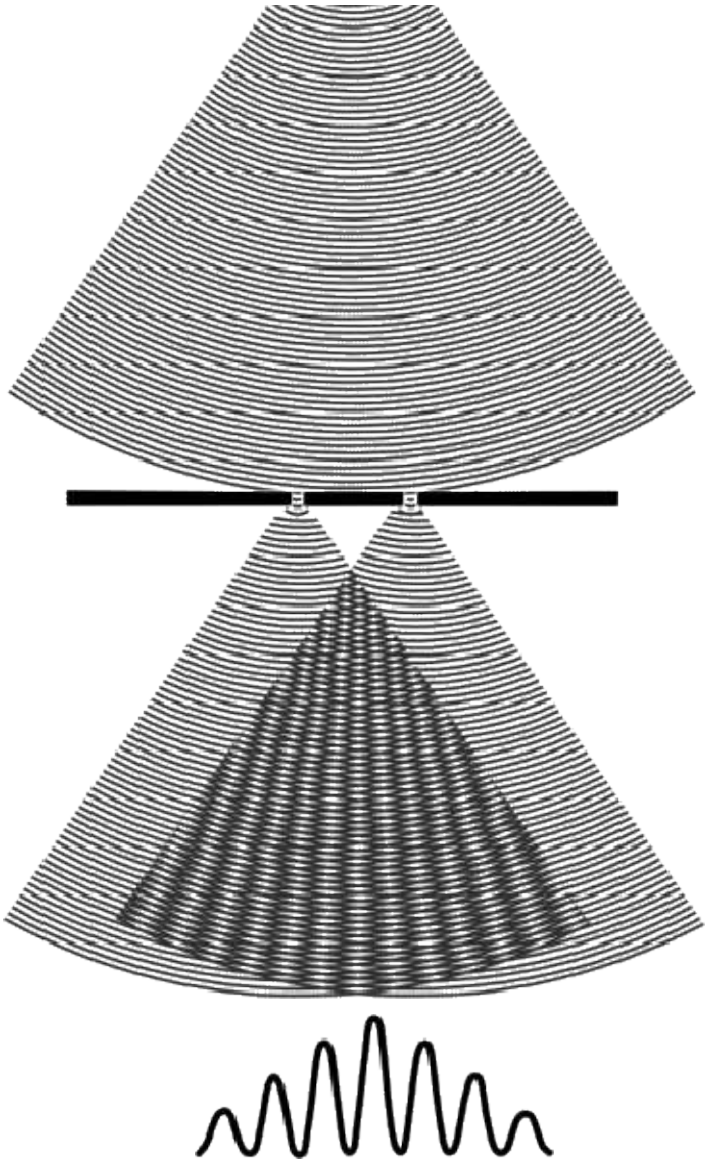
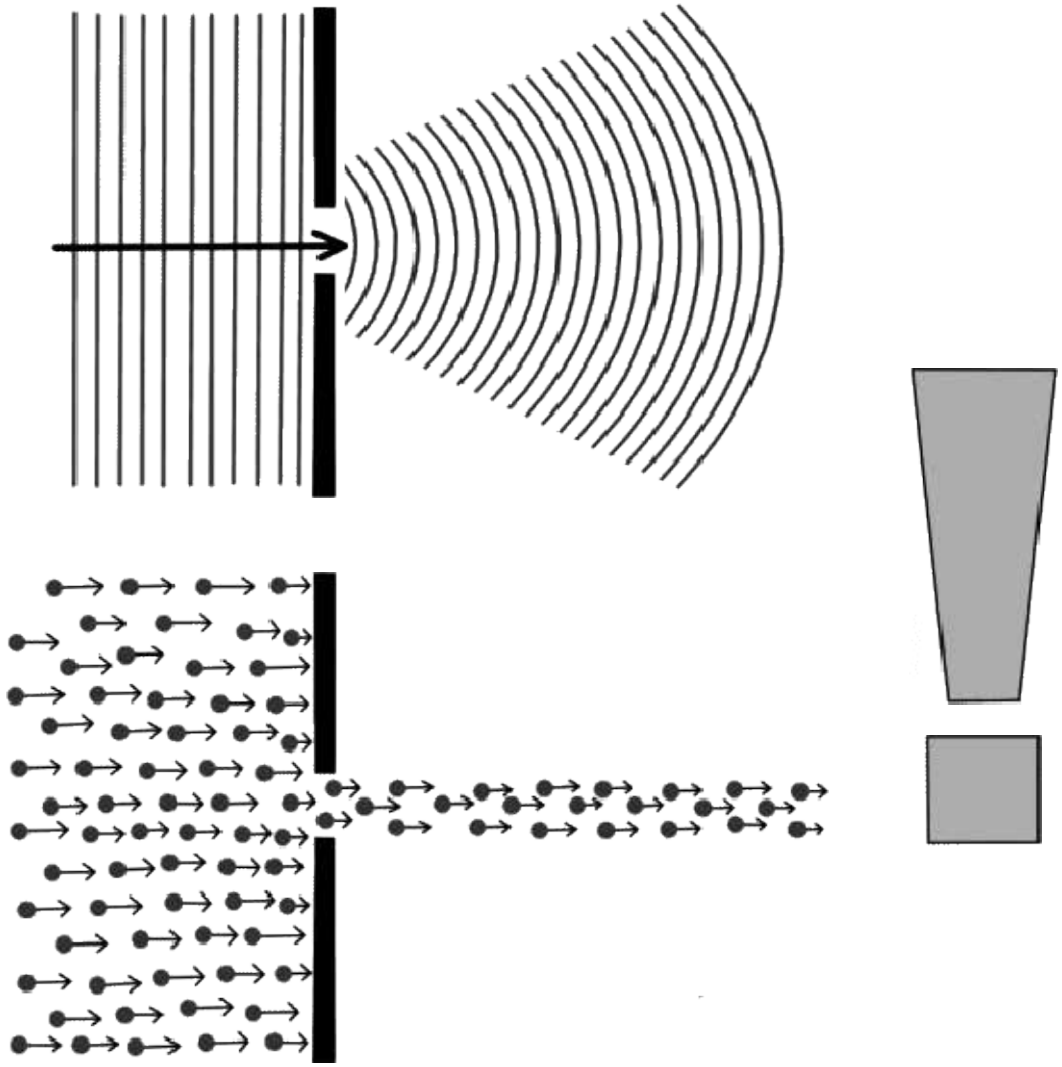


Схема эксперимента, проведенного физиком Юнгом. Внизу волнистой линией показана интенсивность света, падающего на экран. В серединке она максимальна, затем темное место, затем светлое и так далее.

Получилась картина нам уже знакомая – дифракция и интерференция. И что это значит? Это значит, что свет – волна!

Значит, спор между Ньютоном, который считал свет летящими маленьким частицами-корпускулами, и его оппонентами, которые говорили, что свет есть волна, разрешился в пользу волновиков. Свет обладает свойствами волн, значит свет есть волны, а не частицы! Поток частиц не обладает свойствами дифракции, и частицы не могут складываться между собой.

Как ведут себя волны и как частицы.



Набегающие на отверстия волны и частицы

Ученые определили и скорость световой волны в вакууме, то есть в пустоте, она оказалась равна 300 000 км/с.

Это самая большая скорость на свете, быстрее ничего не бывает. В других материалах скорость света меньше. Так, например, в алмазе по сравнению с вакуумом она падает более чем вдвое и составляет 124 000 километров в секунду.

Стала понятна и сущность цвета. Помните дисперсию белого луча, которую открыл Ньютон? Белый свет в призме разлагается на 7 цветов радуги, то есть является смесью семи разных цветов. Чем же эти цвета отличаются друг от друга?

Оказалось, только частотой (длиной волны) и больше ничем.

Посмотрите на табличку ниже. Там приведены для разных цветов длины их волн в нанометрах и диапазоны частот в Тетрагерцах.

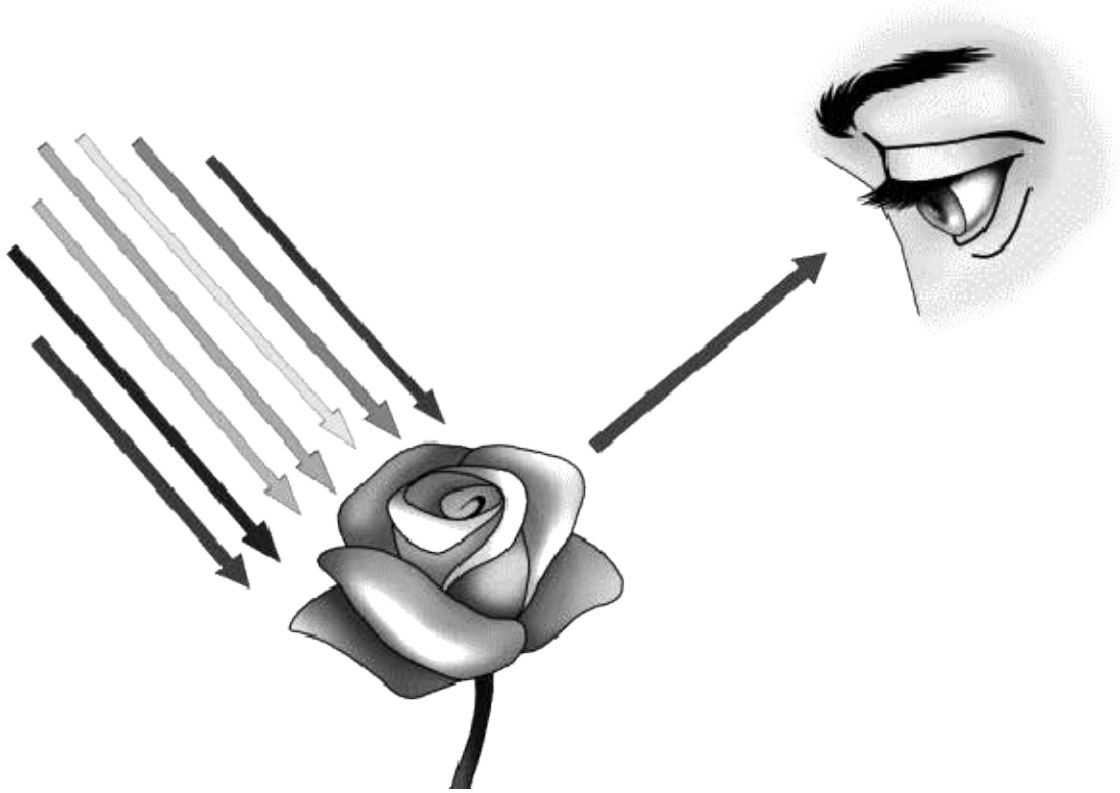
Семь цветов радуги в физическом выражении

Цвет	Диапазон длин волн, нм	Диапазон частот, ТГц
Фиолетовый	380–440	790–880
Синий	440–485	680–820
Голубой	485–500	620–600
Зеленый	500–565	600–530
Желтый	585–590	530–510
Оранжевый	590–625	510–480
Красный	625–740	480–405

Что это значит? Это значит, что если световая волна длиной в 550 нанометров попадает нам в глаз, нам кажется, что зелененьким посветили. Наш глаз – уникальный инструмент, он умеет определять частоту световой волны и сигнализирует нам об этом чувственным образом, который мы воспринимаем как цвет.

Почему кирпич красный? И почему мы вообще видим что-то? Подсветка помогает! Световые волны падают на разные предметы, отражаются от них и попадают на два наших датчика, которые называются глазами. Если предмет – например, кирпич, поглощает все световые волны, кроме красного, а красный отражает, отраженный красный попадает к нам в глаз, и мы восклицаем, потирая руки:

– О! Волна частотой примерно в 450 тетрагерц пришла!



Почему красное – красное?

Нет, не так. Все наоборот!

Как только волна с частотой примерно в 450 тетрагерц попадает к нам в глазищи, мы радостно восклицаем:

– О! Красненьким запахло!

Я ничего не перепутал?..

А почему черное кажется нам черным? Потому что черный предмет поглощает весь диапазон видимого света – и красное, и оранжевое, и желтое, и зеленое, и голубое, и синее, и фиолетовое. И ничего не отражает. Вот и выглядит черным, как черт.

А почему тарелка – белая?

А потому что вещество тарелки обладает таким свойством – отражать все падающие на него лучи. И они все попадают нам в глаз. А смесь всех лучей – это белое.

Теперь вы и сами можете ответить на следующие загадки:

– Какие цвета поглощает зеленая листва на деревьях?

– Какие цвета отражает красная краска?

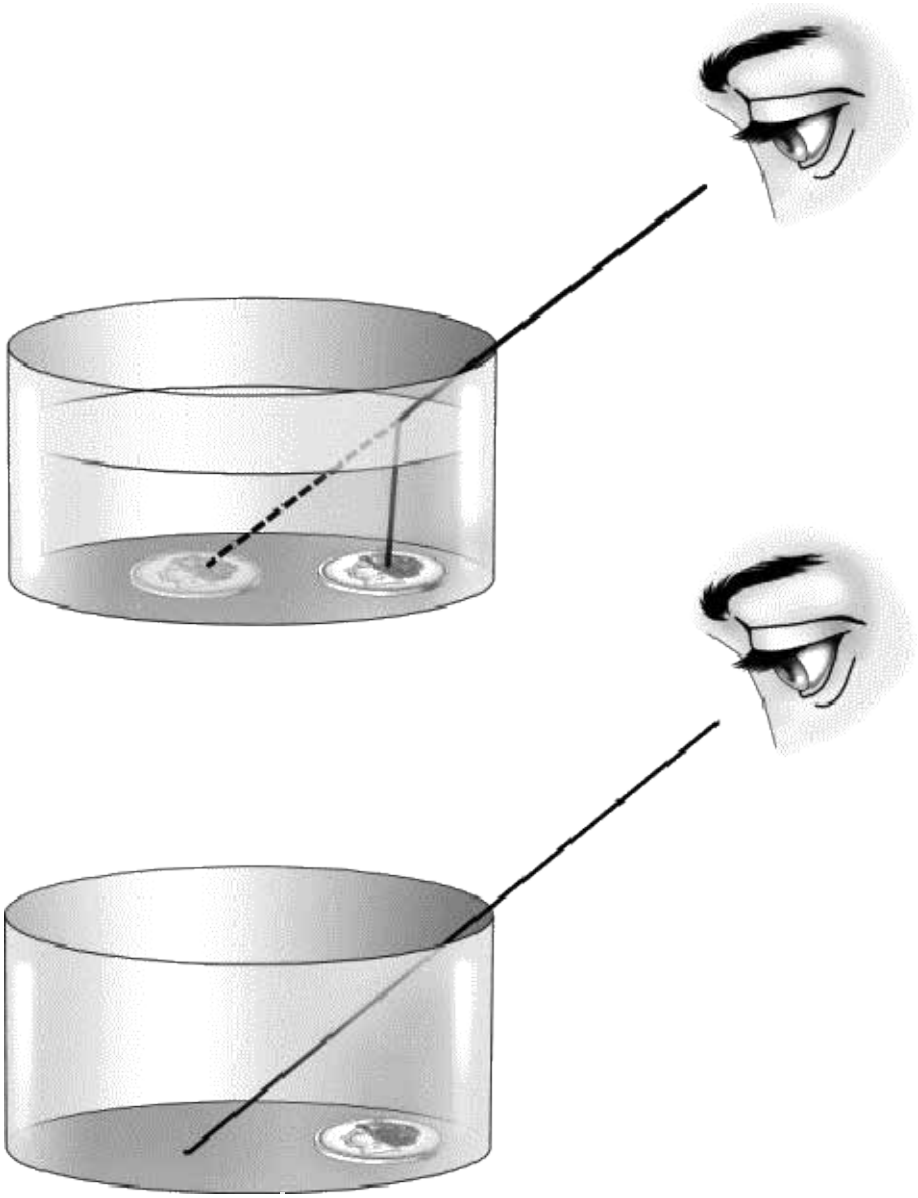
– Что нам кажется, когда в глазенки проникает волна длиной в 600 нанометров?

– А что наши глазенки говорят нам, когда в них попадает частота в 500 ТГц?

Волновые свойства света

Почему ложка в стакане кажется изломанной?

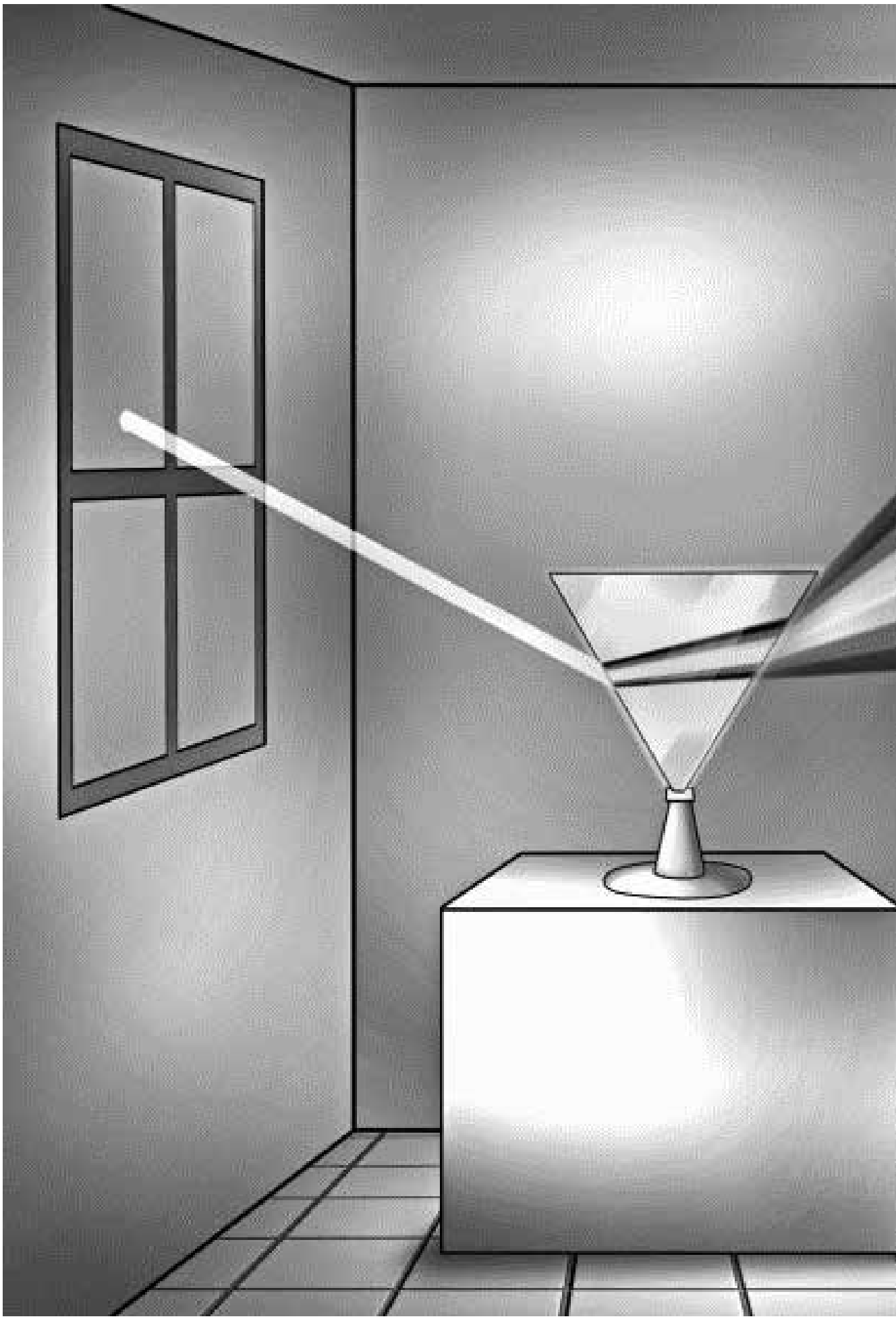
Потому что когда волна переходит из одной среды в другую, например, из воздуха в воду, она меняет направление движения. Это явление так и называется - преломление.



С помощью преломления можно увидеть то, что находится «за углом»

Кстати говоря, дисперсия света, которую открыл нам уважаемый старик Ньютон, – это тоже следствие преломления. Посмотрите еще раз на картинку дисперсии света ниже. Что мы видим? Да не что иное, как двойное преломление света, ломающегося сначала при входе из воздуха в стекло, а потом – при входе из стекла в воздух. Мы видим, что фиолетовый цвет, то есть с меньшей длиной волны и большей частотой, ломается больше (имеет больший угол преломления), чем красный. Какой вывод?

Высокочастотное излучение имеет больший угол преломления – вот какой! Смотрите-ка, вот и еще один физический закончик невзначай нарисовался! Оказывается, угол преломления зависит от длины волны. Потому, собственно, дисперсия и получается.

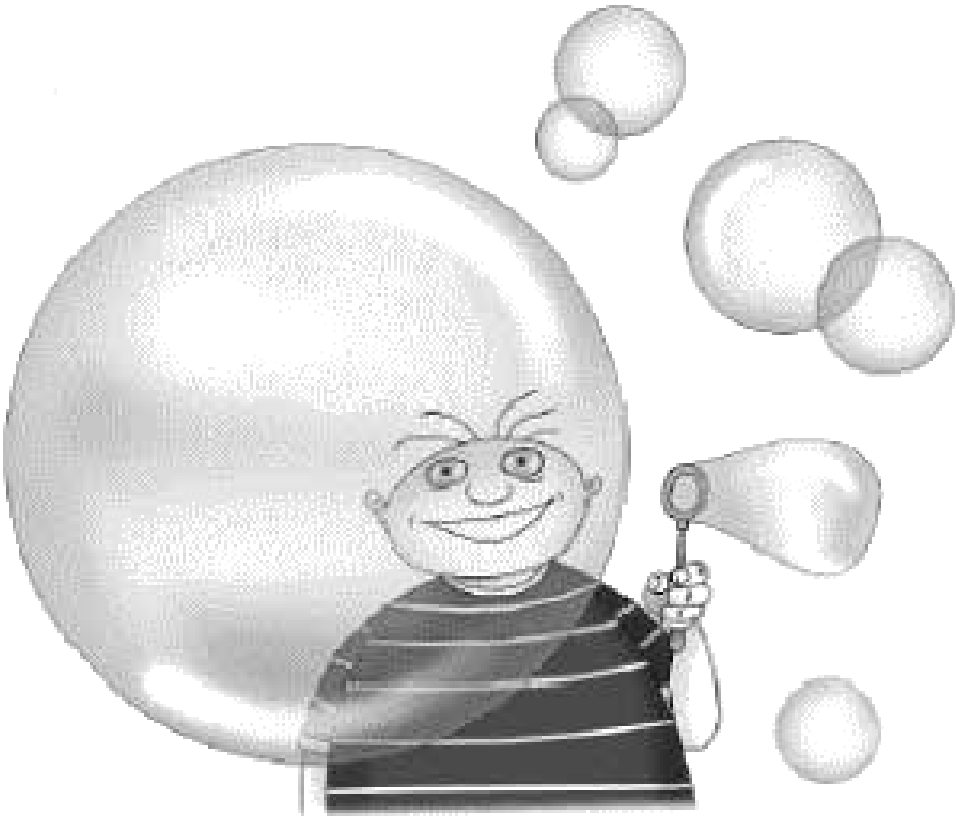


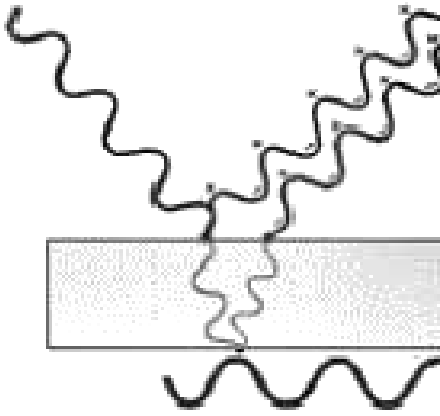
Дисперсия света в стеклянной призме.

Почему мыльный пузырь радужный?

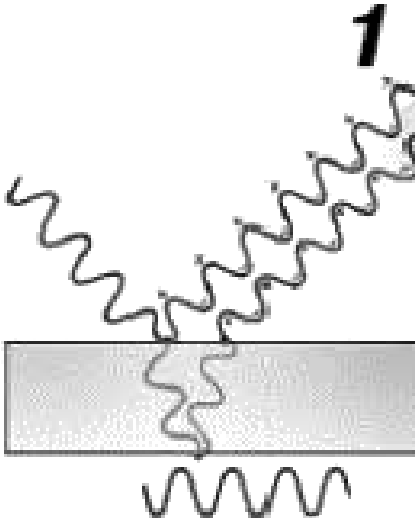
Потому что мыльная пленка очень тонкая, ее толщина в 5 тысяч раз тоньше человеческого волоса. А это значит, что ее толщина сопоставима с длиной световой волны, что при сложении волн имеет большое значение. О каком сложении волн идет речь? Да о той самой интерференции, о которой мы уже знаем.

На рисунке ниже показано, какие именно лучи складываются – отраженные от внешней поверхности пленки и отраженные от ее внутренней поверхности.





Красная волна



Голубая волна

Интерференция цветных лучей в тонкой пленке

Дело в том, что в глаз прилетают лучи, которые прошли разный путь - одни сразу отразились от внешней поверхности пузыря (луч 1), а другие «сходили» к его внутренней поверхности, то есть прошли путь чуть больший (луч 2). На выходе эти разделенные лучи встречаются и начинают интерферировать. Если при этом у голубого цвета, например, горбик первой волны совпадет с провалом второй, они погасятся. И голубого цвета не будет! А длина красного света иная. И потому у красного может произойти обратное - горбики двух волн совпадут, дав усиление красной волны. И мы увидим яркие красные переливы.

Но поскольку пузырь как бы стекает сам по себе, повисая внизу каплей, его стенки истончаются, меняются, соответственно, меняется длина пробега волн - отсюда и переливы.

Почему небо голубое?

Почему не зеленое? Не желтое? Не бесцветное? Вообще, как известно любому гражданину, воздух цвета не имеет, он прозрачный. Отчего же небо, «сделанное» из воздуха, имеет цвет - да еще такой красивый?

А дело в том, что солнечные лучи при попадании в атмосферу рассеиваются. Но рассеиваются они по-разному.

Давайте разберемся. Что значит «рассеиваются»? И почему по-разному?

Рассеивание - это буквально разбрасывание, раскидывание во все стороны. Прилетающие из космического безвоздушного пространства в атмосферу Земли световые волны начинают отражаться от молекул воздуха и разлетаться во все стороны, «разбрызгиваться» влево, вправо, вперед, назад. Затем отраженные волны налетают на следующую молекулу, снова отражаются в случайном направлении, опять налетают на следующую молекулу и так далее. Но происходит это в основном с голубыми волнами, поэтому каждая точка атмосферы светится голубым светом.

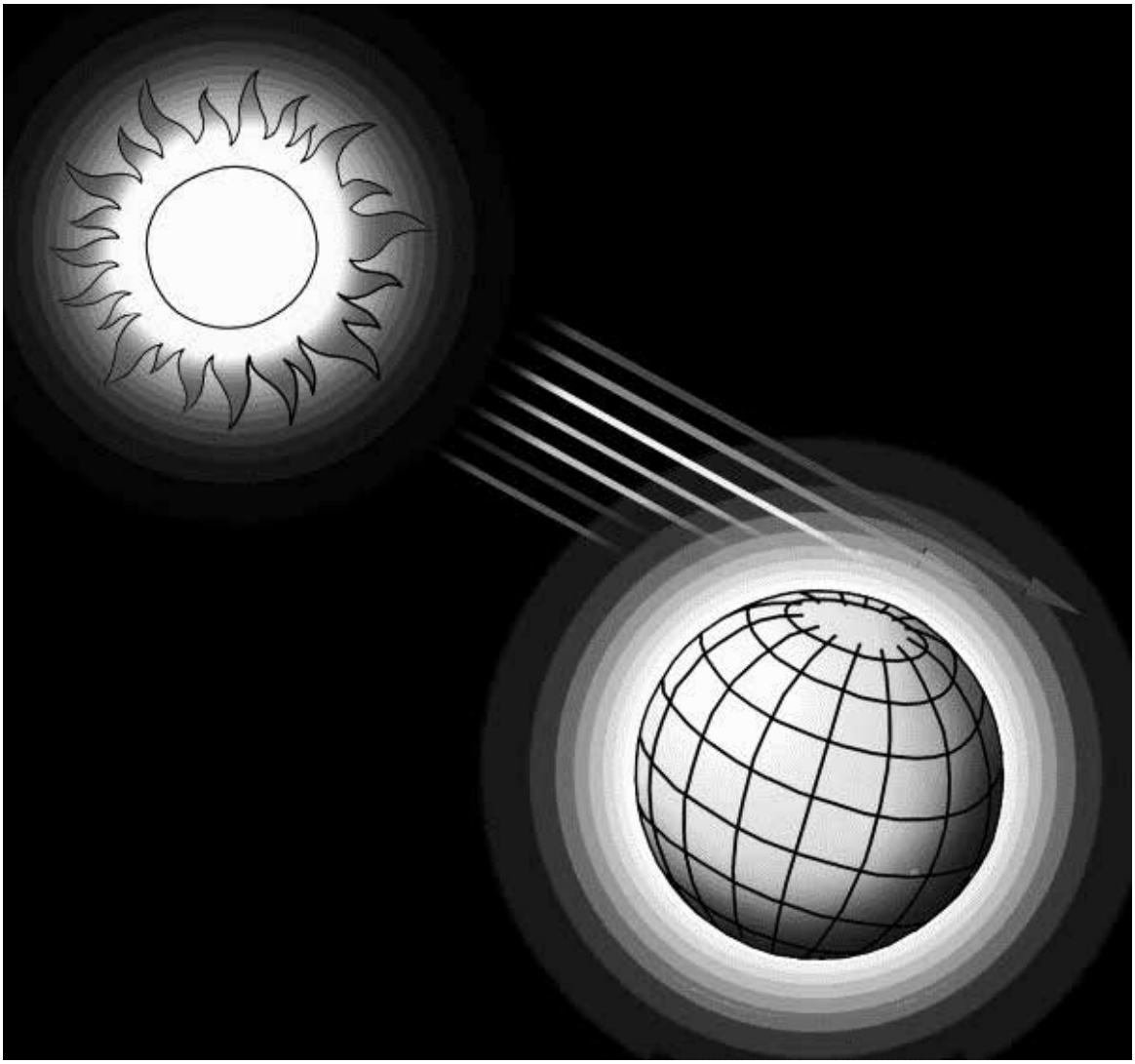
Почему же рассеивается в атмосфере только голубой свет?

Да потому что голубые и фиолетовые волны - самые короткие (но фиолетовых лучей солнце дает мало, к тому же фиолет хорошо задерживается в верхних слоях атмосферы, оттого небо не фиолетовое, а все-таки голубое.) А мы с вами уже знаем - длинным волнам распространяться легче: если ультразвук затухает быстро, то инфразвуки могут распространяться на тысячи километров, они легко огибают любые препятствия за счет своей огромной длины. То же самое и со светом - более длинные лучи более дальнобойные. А длинные волны в солнечном свете какие? Те, что ближе к красному концу спектра! В силу длины им легче огибать молекулы атмосферы и лететь дальше. Поэтому если вы хотите сделать какой-то предупреждающий огонь, лучше сделать его красным - он дальше виден. А вот фары военных грузовиков делают синего цвета: если передвигаться нужно ночью и скрытно - так, чтобы противник не заметил, дорогу подсвечивают синим светом: он «короткодействующий» и издалека незаметен, поскольку быстро рассеивается и затухает.

Теперь вы сами можете ответить на вопрос, почему закат и восход окрашивают небо в красный и оранжевый цвета. «Горит восток зарею новой», - писал поэт, имея в виду цвет огня. Не можете?

Хорошо, я скажу.

Дело в том, что во время восхода и заката солнце стоит низко над горизонтом, а значит, его лучам приходится пробивать более толстый слой атмосферы. Самое проникающее - длинное красное излучение с этим справляется лучше и долетает до глаз. А более короткие волны окончательно рассеиваются и гаснут. Оттого закатное небо вблизи солнца и кажется красным.



Закатные лучи пробивают более толстый слой атмосферы, чем дневные.

Почему далекие предметы кажутся нам маленькими, а близкие – большими?

А и в самом деле, почему? Это настолько привычно, что воспринимается абсолютно естественно. Но если задуматься… Они ведь реально не уменьшаются, предметы! Но почему-то при удалении начинают казаться нам маленькими. Что вызывает эти галлюцинации?

Если вы взрослый человек, то прежде, чем читать дальше, попробуйте ответить на этот вопрос сами себе, ведь вы уже большой! Вдруг получится.

А если вы ребенок, можете сразу читать дальше, поскольку детей автор мучить не собирается.

Итак, для того, чтобы разобраться с вопросом, нам нужно понять, как работает человеческий глаз.

Мы уже в этой книге называли человеческие глаза датчиками световых волн. А еще их можно назвать объективами. Потому что в каждом глазу стоит своя линза переменной кривизны, называемая хрусталиком, которая наводит изображение на резкость. А проецируется изображение на экранчик, который называется сетчаткой.

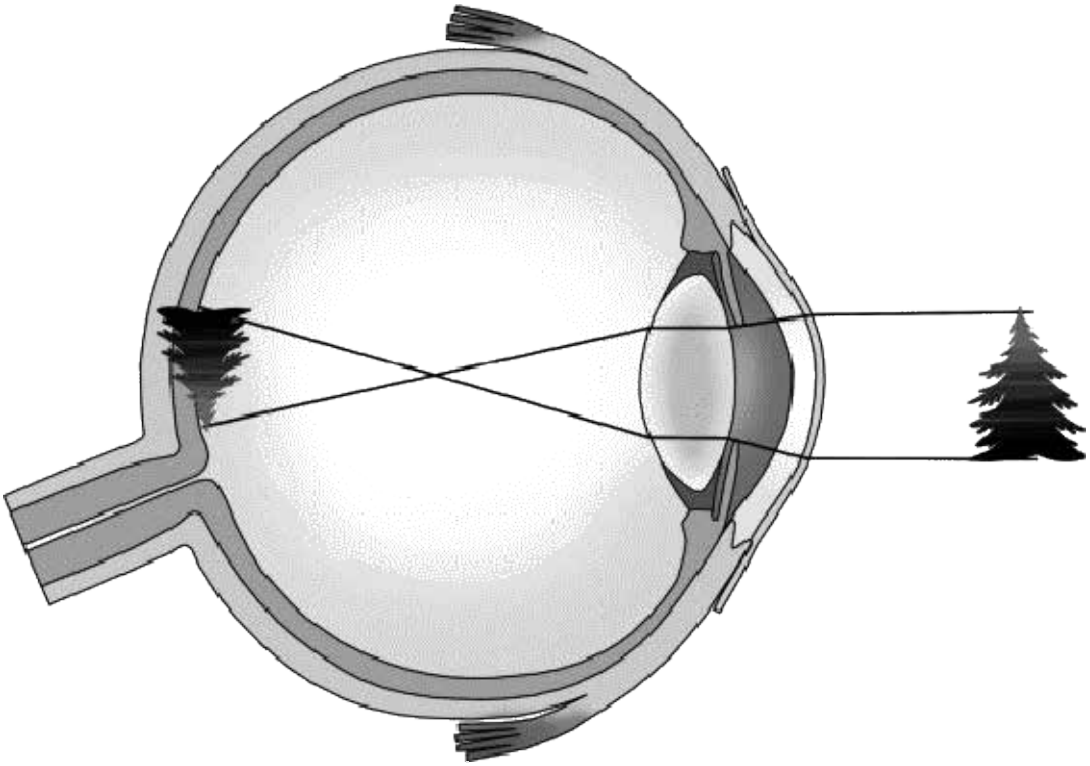
Как работает линза, знает каждый хулиган, который лупой собирал солнечные лучи с вредительской целью поджечь бумажку. Бумажка при этом коричневела, воняла и дымила, чему хулиган несказанно радовался.

Линза за счет преломления лучей собирает их в точку, называемую фокусом

У каждой линзы свой фокус, он зависит от кривизны лупы. Бывают линзы длиннофокусные, бывают короткофокусные. Более плоские – длиннофокусные, более пузатенькие – короткофокусные. А еще линза может получать на экране перевернутое изображение.

А теперь, поняв все сказанное и в совершенстве овладев таким образом наукой оптикой (это раздел физики, изучающий преломление лучей видимого света), давайте соберем глаз.

Видите, как работает глаз? Лучи от изображения, преломляясь в хрусталике, перекрещиваются и формируют на сетчатке изображение. Сетчатка состоит из светочувствительного материала, который преобразует световой сигнал в электрический. А тот уже по толстому кабелю зрительного нерва поступает в мозг на обработку.



Это глаз. Он отличный и моргает

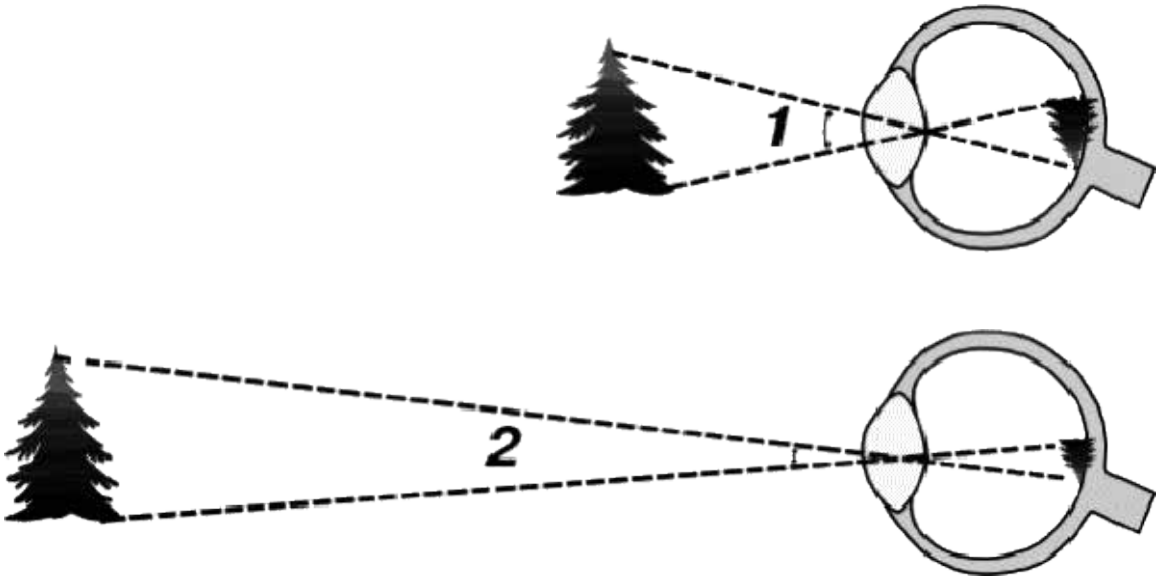
Обратите внимание, изображение на нашем внутреннем экране получается перевернутым! Почему же вы видим мир не вверх тормашками? Да потому что мозг переворачивает его как надо. Наш мозг – это компьютер, который обрабатывает поступающий сигнал и решает, как его интерпретировать. Сначала в глазу по законам оптики мир аппаратно переворачивает вверх ногами. А потом в мозгу он снова переворачивается, но уже программно.

Ученые проводили такой эксперимент – они надевали на человека очки с линзами, которые переворачивали изображение вверх ногами. И запрещали снимать! Какое-то время испытуемый терпел неудобства, наблюдая мир перевернутым. Но потом мозг давал поправку, менял программку и снова начинал видеть мир нормальным. Когда потом человек снимал очки, он опять начинал видеть мир перевернутым. И какое-то время вновь терпел неудобства, пока мозг снова не переворачивал изображение.

Мозгу такое делать не впервой. Все младенцы видят мир в полном соответствии с законами оптики – перевернутым. Но потом мозг дает команду, и вскоре картинка переворачивается как надо. Но переворачивается она в мозгу, а не в глазу.

Ну, а теперь ответим на заданный ранее вопрос – отчего дальние предметы кажутся нам меньше.

Они кажутся нам меньше, поскольку занимают на экране (на сетчатке) меньше места! Отчего же? А оттого, что при удалении меняется угол зрения. Чем меньше места на сетчатке занимает изображение, тем меньше нам кажется предмет.



Далекие предметы дают маленькое изображение. Потому что угол 2 меньше угла 1.

Глава 4
Другой свет

Авот теперь можно слегка задуматься и задаться таким вопросом… Когда мы говорили о звуковых колебаниях, мы узнали, что не все колебания атмосферы человек в состоянии услышать – есть инфразвуки и ультразвуки, которые ухо «не берет». Может, и со световыми колебаниями то же самое?

Да!

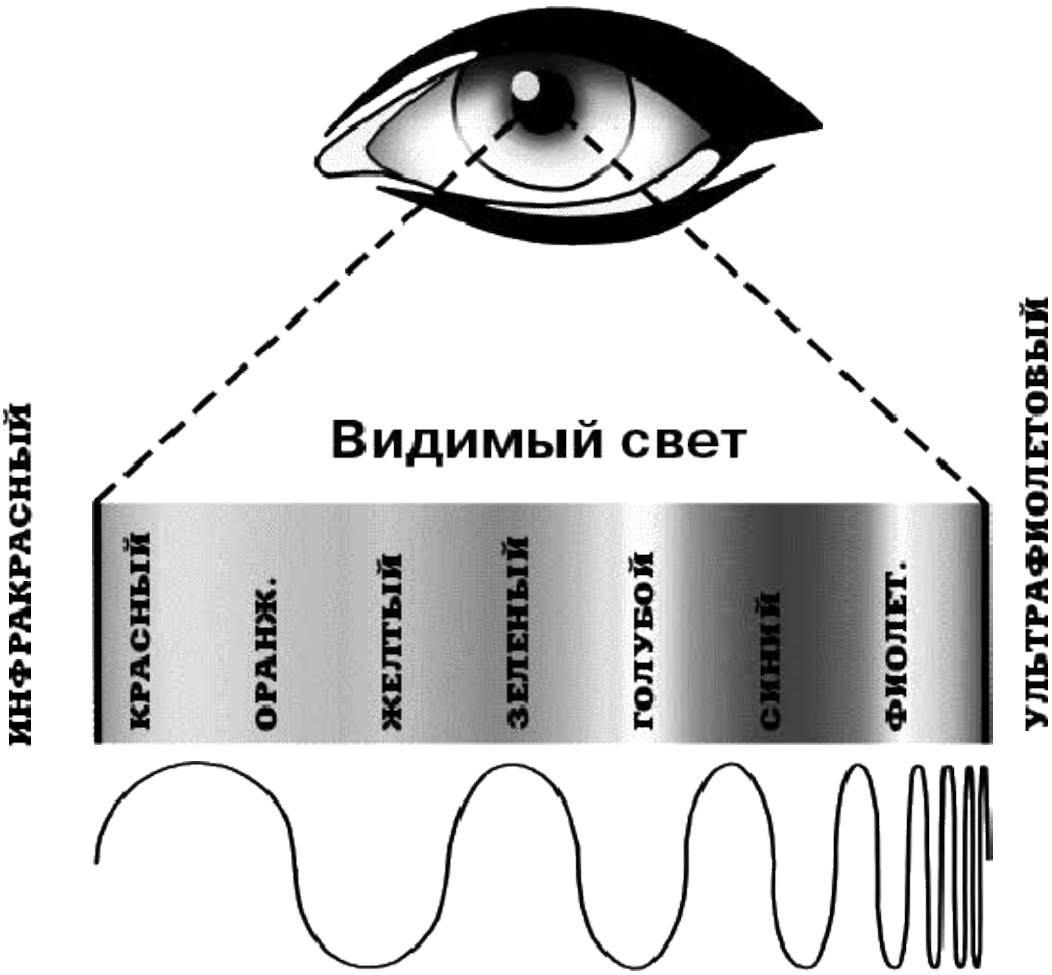
Со световыми колебаниями ситуация такая же – есть ультрасвет и инфрасвет, которые глаз не берет. Только называются они чуть по-другому – ультрафиолетовым и инфракрасным излучением. Солнце эти лучи исправно испускает, но мы их не видим.

Те колебания, частота которых превышает частоту фиолетового цвета, называются ультрафиолетовыми. А те, частота которых меньше частоты красного света, называются инфракрасными. Можно и по-другому сказать:

коротковолновое излучение – это ультрафиолет, а длинноволновое – инфракрасное.

То есть радуга на небе на самом деле имеет не семь цветов, а больше, просто другие цвета мы не видим.

Кстати, не все земные существа такие убогие, как люди. Пчелы, например, видят ультрафиолет, а змеи инфракрасное излучение.



Невидимый свет расположен по краям от видимого

Потемнение кожи, которое мы называем загаром, вызывается ультрафиолетовым излучением. В небольших дозах оно весьма полезно, поскольку именно под воздействием ультрафиолета наша кожа вырабатывает витамин D. А в вот больших дозах ультрафиолет опасен – он не только вызывает солнечные ожоги, но и может привести к смертельным заболеваниям кожи, повредить зрение. Поэтому особенно загаром увлекаться не стоит, а летом лучше носить темные очки, чтобы не было ожога сетчатки – того экранчика в глазу, на который проецируется изображение.

Как видите, ультрафиолет биологически очень активен. С помощью ультрафиолетовых ламп убивают вредные микробы, обеззараживая воду в бассейнах и воздух в помещениях больниц.

По счастью, от избыточного ультрафиолета легко защититься, его практически не пропускает обычное оконное стекло.

Поэтому для производства ультрафиолетовых ламп приходится делать специальное стекло – кварцевое.

Теперь скажем пару теплых слов об инфракрасном излучении. Про теплые слова я сказал не зря, ведь инфракрасное излучение иногда еще называют тепловым. Мы глазами его не видим, но если оно достаточно интенсивное, мы можем почувствовать его кожей как тепло.

И что это значит?

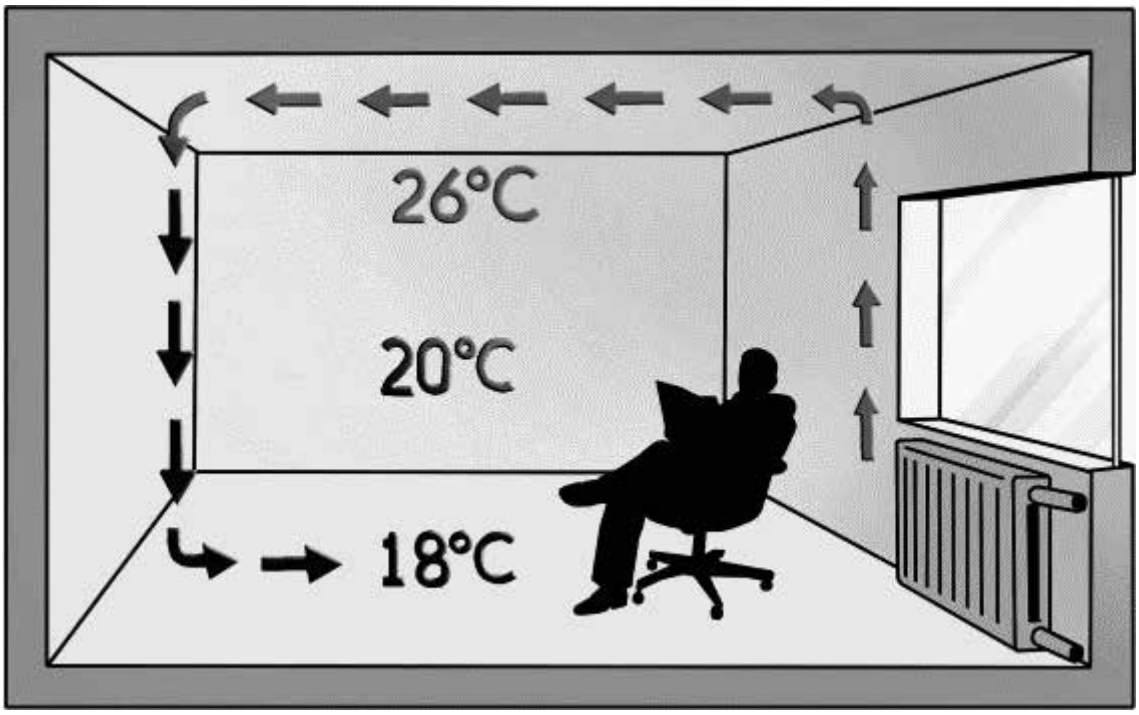
А то, друзья мои, что мы с вами теперь знаем все способы передачи тепла от одного тела к другому! Ну-ка, вспоминайте, первую часть книги. Мы там говорили, что температура

и тепло – это просто мера скорости молекул. И я рассказывал, как передается тепло: более энергичные, то есть более быстрые – «горячие» – молекулы нагретого тела барабанят по более медленным – «холодным» – молекулам другого тела, тормошат их, расталкивают, отдавая им свою энергию. И постепенно, постепенно скорости молекул в горячем и холодном телах уравниваются. Тогда мы говорим:

– О! Отлично! Температура сравнялась! Холодное нагрелось, горячее остыло.

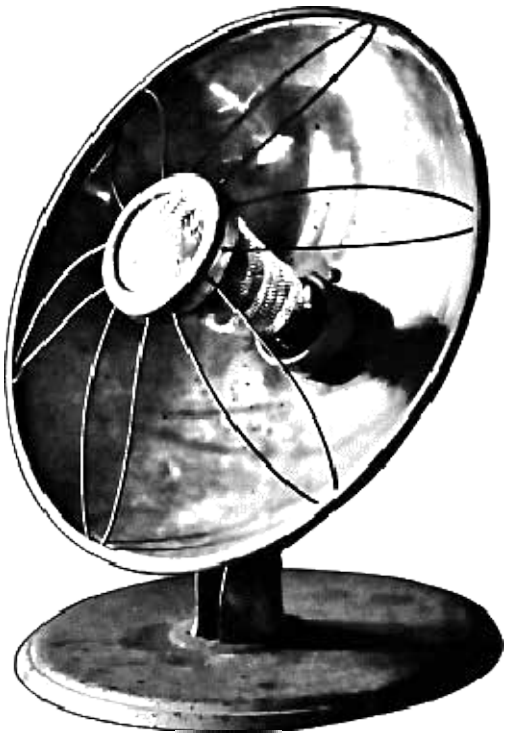
Этот способ теплопередачи называется теплопроводностью.

Могучие умы выделяют в отдельную категорию такую разновидность теплопередачи, как перемешивание или, по-научному говоря, конвекцию. Конвекция – это когда большие массивы «горячих» молекул перемешиваются механическим путем с большими массивами «холодных». Лучший пример тут – батарея отопления. Она стоит под окном и нагревает воздух вокруг себя. А поскольку теплый воздух легче холодного, он поднимается вверх без всякого воздушного шара, и на его место к батарее снизу, от пола подсасывается холодный воздух. Который тоже нагревается о батарею и улетает вверх. Таким образом вкруговую идет постоянное перемешивание воздуха в комнате. Конвекция ускоряет процесс теплообмена в больших объемах.



Конвекция – это очень просто. Обычное перемешивание

И вот теперь мы узнали еще один способ передачи тепла – лучами, то есть волнами инфракрасного спектра. Попадая на какое-то тело, инфракрасные лучи его нагревают, то есть раскачивают молекулы, придавая им скоростенки.



Не каждый современный ребенок видел такую штуку, как на этом фото. Сейчас больше в моде другие обогреватели. А раньше такие вот рефлекторы пользовались большой популярностью. В чем суть этого великого изобретения? На керамический патрон наматывается металлическая спиралька из специального сплава. Через нее пропускают ток, и спираль нагревается докрасна и нагревает керамический конус. При этом спираль и керамика немного излучают в видимом диапазоне (красный свет) и очень сильно в невидимом – инфракрасном. Круглый металлический рефлектор фокусирует эти лучи, направляя их сплошным потоком вперед. И человек чувствует тепло или даже жар, если на него направить отражатель. Шикарно, дети мои, шикарно!

Теперь, ознакомившись с качественными характеристиками, нам осталось только дать численные значения ультра-и инфрасвета. Кстати, слово «инфрасвет» никогда нигде и никем не употребляется, это я уж так, хулиганю. Всегда говорят почему-то длинно – «инфракрасное излучение». А вот волны с другой стороны спектра почему-то имеют свое сокращение – «ультрафиолет». Загадки языка.

Итак, ультрафиолетовый свет находится на частотной шкале «правее» фиолетового и простирается от 790 до 30000 ТГц. А инфракрасный, соответственно, левее и его значения лежат в значениях от 1 до 400 тетрагерц.

Раздумчивый читатель, который смотрит на два хода вперед, может в этом месте книги начать ожесточенно чесать затылок, организуя таким образом повышенный приток крови к мозгу для усиления умственной деятельности, ибо в голове его уже зреют два вопроса:

– А еще левее инфракрасного и правее ультрафиолетового бывают волны?

– И волнами чего является свет? Ну, в смысле что колеблется? Морские волны – это колебания воды. Звуковые – воздуха. А тут? Ответит нам наконец автор или нет?

Отвечаю по порядку.

Да. И левее, и правее инфра- и ультрасветовых колебаний тоже существуют волны. А почему бы им не быть? Направо от ультрафиолета частоты растут, а длины волн, соответственно, падают. А влево от инфракрасного частоты падают, а длины волн растут.

? И что же находится правее ультрафиолета с частотой выше ультрафиолета?

А там, милые мои, находятся уже знакомые нам рентгеновские лучи. Оказывается, они

– то же самое, что свет, только частоты другие. Вредные для здоровья рентгеновские лучи имеют частоты от 30000 ТГц до 600000 ТГц. Те рентгеновские лучи, что подлиннее (меньше частота), называют мягким рентгеном. А высокочастотные рентгеновские лучи – жестким.

Далее, еще правее располагается также известное нам гамма-излучение. Оно не просто вредное, оно убийственное.

Теперь посмотрим в другую сторону. Какие волны лежат левее инфракрасных? А это хорошо нам знакомые радиоволны! Они условно делятся на:

– сверхдлинные (от 0 до 3 килогерц, длина этих волн – тысячи километров)
– длинные (с частотой от 3 до 30 килогерц и километровой длиной)
– средние (от 300 КГц до 3 мегагерц, гектометровые)
– короткие (от 3 МГц до 30 МГц, декаметровые)
– метровые (30 МГц – 300 Мгц)
– дециметровые (300 МГц – 3 ГГц)
– сантиметровы или СВЧ (3 ГГц – 30 ГГц)
– миллиметровые или микроволны (30 ГГц – 300 ГГц)

Практически все эти волны человечеством так или иначе используются.

На сверхдлинных волнах были полуэкспериментальные попытки сделать дальнюю связь с подводными лодками, поскольку длинные волны хорошо проходят сквозь воду.

На длинных, средних и коротких волнах осуществляется обычная радиосвязь.

Метровые и дециметровые – это передача изображения в телевидении.

Сантиметровыми волнами разогревают пищу в печках-СВЧ.

Миллиметровые волны пытаются использовать в медицине для лечения.

Как видите, природа всех этих колебаний, начиная с самого длинного и «ленивого» радиодиапазона с тысячекилометровыми волнами и заканчивая самым коротким и жестким проникающим излучением, одинакова.

Часть этих колебаний мы можем воспринимать непосредственно своими органами чувств –

я имею в виду тот короткий кусочек шкалы, который мы называем видимым светом. И теперь остается только ответить на вопрос, что же это за колебания, то есть что же именно колеблется, раз свет – это волна.

Тут я рекомендую вам вспомнить, с какого момента книги мы начали этот длинный разговор о волнах. Не листайте книгу, я напомню ход событий.

Мы сначала узнали, из чего собирается вещество. Оно собирается всего из трех частиц – электрон, протон и нейтрон. Две из них электрически заряженные. Мы полюбили таблицу Менделеева, где сгруппированы все возможные атомы, сделанные из трех указанных элементарных частиц. Мы узнали на примере воды и соли, как собираются из атомов молекулы. (Подробности этой сборки изучает наука химия.)

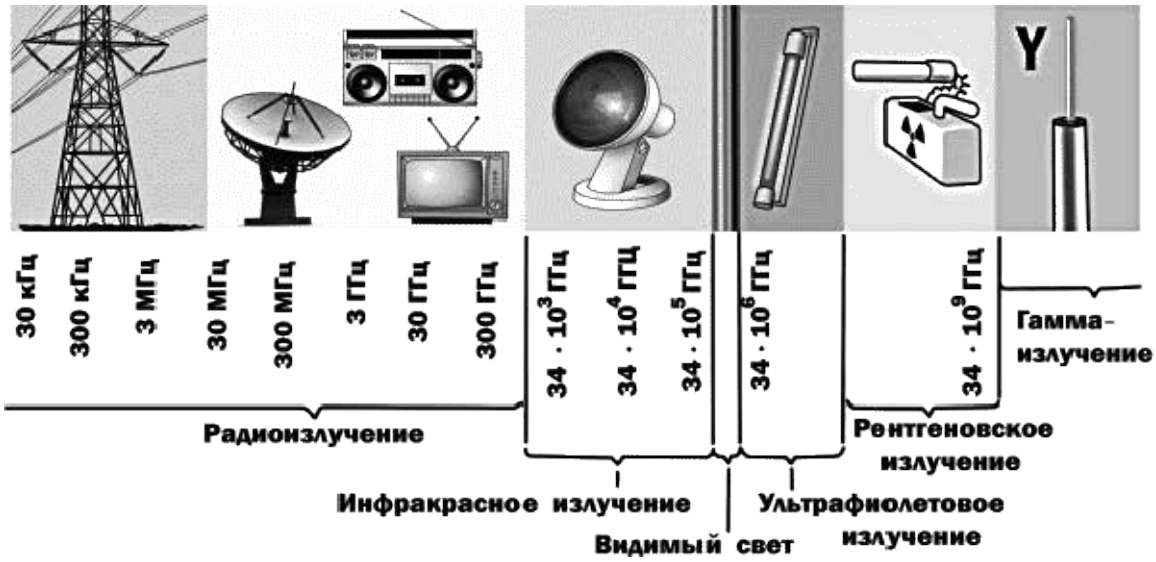
Затем выяснилось, что, помимо вещества, в мире существует еще и некое невидимое и неосязаемое поле. Оно неразрывно связано с веществом! Электрическое поле связано с электрически заряженными частицами. Магнитное поле магнита порождается движением электрически заряженных частиц. А вообще-то разделять их бессмысленно, поскольку магнитные и электрические проявления поля – это как орел и решка у монеты. Ну не бывает же отдельно орла и решки, это просто две стороны одной денежки. Точно так же не бывает и отдельного магнитного и электрического поля. Это две стороны единого электромагнитного поля. Просто иногда нам видится только одна из его сторон. Но стоит сделать шаг в сторону… Шаг в сторону – это движение. А движение сразу приводит к «мерцанию сторон» поля: движущееся магнитное порождает электрическое, движущееся электрическое порождает магнитное. И пошел разбег кругов.

Затем мы подвесили на ниточке магнит, а потом заряд и качнули их, заставив

двигаться, колебаться и распространять по своему полю волны.

Догадались? Те самые волны, которые в частотном диапазоне простираются от нуля до бесконечности, – радиоволны, свет, ультрафиолет, рентген, гамма – это просто электромагнитные волны. То есть колебания электромагнитного поля. Оно пронизывает всю вселенную. Просто где-то поле «гуще», а где-то истончается до нуля.

Ниже нарисована шкала этих волн, которую поэтически можно назвать «таблицей Менделеева для электромагнитных колебаний».



Полная шкала электромагнитных колебаний

Часть III
Сумасшедшая физика

Все настолько прекрасно, что и желать больше нечего! Не так ли?

Мы знаем, как устроено вещество, с конструкторской точностью. То есть можем просто сделать игрушечный конструктор из трех деталек (протон, нейтрон, электрон) и собрать из него все атомы таблицы Менделеева – химические элементы. А из этих элементарных веществ далее собрать уже любую молекулу сложного вещества.

Мы также знаем, что в мире, кроме вещества, существует еще и поле. Точнее, поля. Невидимые, но реальные. Гравитационное, например, поле, которое обеспечивает нам стабильное присутствие на нашей планете, а нашей планете – вращение вокруг Солнца, что не только полезно, но и крайне приятно. А то бы мы все умерли.

Кроме гравитационного, есть еще электромагнитное поле, которое распространяют вокруг себя заряженные частицы (электрон да протон). Оно обеспечивает нам всю химию, потому что атомы собираются в молекулы, а молекулы тяготеют друг к другу (дабы предметы не разваливались), только и исключительно с помощью электромагнетизма. Других причин нет.

И еще в мире есть волны. А почему бы им не быть? Если что-то колеблется, оно толкает вокруг себя среду, в которой находится, распространяя по ней упругие колебания. Можно вызвать акустические колебания, то есть звуковые, если колебать, например, струну. А можно вызвать колебания электромагнитного поля, если колебать зарядики. Частота этих колебаний имеет диапазон широчайший, и мы почти всеми частотами можем пользоваться. Даже опасное рентгеновское излучение дозированно используем в медицинских целях – чтобы свои туловища просвечивать и искать разные болезни, проглоченные гайки и переломы.

Ну, казалось бы, чего еще надо? Живи да радуйся! Все так хорошо в мире стало, так

понятно… Подобные благодушные настроения царили у физиков сто лет назад. Правда, тогда еще не был открыт нейтрон, но свет в электрических лампах уже горел без всякого нейтрона, телефон работал, автомобили бегали, подводные лодки плавали, рентгеном людей просвечивали, а химики колдовали над своими колбами и получали приличные результаты. Умеем, когда захотим!

Тем неожиданнее случилась катастрофа…

Глава 1
Какой удар со стороны классика!

Мир рухнул. Привычный мир физиков обрушился буквально в одночасье. Вот только что в физическом раю пели соловьи благолепия, пухли, как на дрожжах, жирные розы удовлетворенности, распространяя окрест благоуханные ароматы достижений. И вдруг бац – какая неприятность! Привычный рай трещит и разваливается на части, а из разломов начинают торчать невидимые ранее проблемы.

Я ничуть не шучу, мои маленькие друзья и товарищи покрупнее. Какие могут быть шутки о катастрофе мировоззрения!

Весь девятнадцатый век физика развивалась такими бурными темпами и добилась таких успехов, что гордость физиков за свою вотчину была вполне обоснованной. Удалось создать стройную непротиворечивую картину мира, в основе которой лежала ньютоновская механика. Скорости, траектории, законы движения массивных тел… Все это можно было определить, просчитать и, зная все координаты, массы и скорости тел, предсказать, где они окажутся в любой момент времени в будущем.

Иными словами, мир представлялся фатальным. Что такое фатализм? Всеобщая предопределенность – чему суждено случиться, того не миновать, как ни пытайся. От судьбы не уйдешь. Написано тебе на роду утонуть, значит утонешь… Именно такую «окаменевшую» и неизменяемую картину мира давала ньютоновская механика, в которой конечные координаты и другие параметры любого тела, любой частицы жестко детерминировались (предопределялись) начальными условиями движения. Понятно, что на практике данных обо всех частицах вселенной у нас нет, но в теории мир был именно таким – железно заданным формулами физических закономерностей.

Правда, о философской подоплеке своих механистических воззрений физики задумывались не особо, им просто нравилась та цельная картина мира, которая вырисовывалась к концу XIX века. Как движутся планеты, понятно. Законы распространения волн известны. Оптика позволяет делать очки и телескопы. Уравнения Максвелла, описывающие электромагнитное поле, уже написаны. Электротехника развивается бурными темпами. Плохо ли?

И когда о ту пору юный абитуриент пришел к своему профессору – физику Филиппу Жолли и сказал ему, что мечтает связать свою жизнь с физикой, тот томно отмахнулся:

– Ах, молодой человек! Физика, как наука, в общем и целом завершена, за исключением нескольких несущественных мелочей. Стоит ли вам портить себе жизнь? Займитесь лучше юриспруденцией или музыкой.

Этого юного абитуриента, который действительно отлично играл на фортепиано и даже был автором одной оперетты, звали Макс Планк. Это имя сегодня известно всем, кто учился в школе или хоть что-то слышал о физике.

Макс Планк – человек, который, уцепившись за те самые «несущественные мелочи», о которых говорил благодушный Жолли, взломал здание старой физики – и сам испугался содеянного.

Макс Планк – человек, основавший здание новой физики – квантовой.

Макс Планк, придумавший кванты, – человек, который сам в кванты не верил.

Именем Макса Планка названа одна из самых фундаментальных констант современной физики, описывающая базис нашего мира – «постоянная Планка». А на могиле Макса

Планка вместо дат его жизни и смерти выбиты совсем другие цифры – значение постоянной Планка.

Планк прожил долгую нелегкую жизнь, пересекшую две мировые войны. Он пережил обоих своих сыновей, один из которых погиб в Первую мировую, а второй был в начале 1945 года повешен нацистами за участие в покушении на Гитлера. Дом Планка вместе с огромной библиотекой сгорел от попадания бомбы и почти 90-летний старик, в чем был, вместе с женой пешком отправился в никуда.

Знал ли тот юный мальчик Макс, стоявший перед маститым профессором Жолли – уважаемым ученым, который родился в эпоху Наполеоновских войн, сотрясавших Европу, – что ему самому, Максу Планку, придется пережить две огромные войны, потерять детей и перевернуть физику? Не знал, конечно. И знать не мог в принципе, ибо тот переворот в физике, коему Планк дал начало, убедительно показал человечеству: мир нефатален, вы можете изменить будущее! Мир принципиально непредсказуем. Он квантовый. И случайность вшита в самую основу бытия.

? Так что же сделал Макс Планк такого, во что и сам не поверил?

Одной из тех неразрешимых «мелких проблемок», которые стояли перед физиками конца девятнадцатого века и о которой говорил умудренный профессор Жолли молодому Планку, была проблема излучения так называемого черного тела. Черное тело – это придуманный физиками теоретический конструкт, вымышленный объект, который все излучения поглощает и ничего не отражает. При этом черное тело постепенно нагревается и потому переизлучает тепло уже в собственном диапазоне.

Дивиться тому, что физики взяли да и выдумали что-то, в реальном мире не существующее, не стоит. Дело в том, что физика всегда оперирует некими идеальными моделями. Как и любая другая наука. Наука ведь не гонится за истиной, как вы, быть может, ошибочно предполагаете. Наука просто строит интеллектуальные модели. И проверяет их на соответствие реальности – работает или нет, можно с ее помощью делать предсказания или нельзя. Можно – хорошая теория, берем на вооружение. Нет – ошибочная.

Все научные теории без исключения имеют ограниченную область применения и строятся для решения практических задач. А так как человеческие хотелки все растут и растут, людям хочется получить больше и больше, область решаемых задач вскоре начинает превышать возможности теории. И она перестает работать в новых условиях. Приходится строить более общую теорию, в которую старая теория входит частным случаем. Или же просто отказываться от старой теории, полностью меняя научную парадигму. Вы, я надеюсь, знаете, что такое парадигма? Парадигма – это система устоявшихся взглядов.

Так вот, в стройном здании физики позапрошлого века была одна теоретическая неясность. Исследуя излучения разных нагретых тел, физики заметили, что построенные ими красивые теории не стыкуются с отвратительной реальностью. Из теории получалось, что нагретое абсолютно черное тело должно излучать бесконечно большую энергию, что абсурдно. Теория давала сбой.

Пытаясь привести такую хорошую теорию к такой неприятной практике, буквально за волосы таща формулы к реальности. Планк сделал гениальное допущение. Оно выглядело очень искусственным, но зато сразу позволило решить проблему на бумаге. Макс Планк предположил, что энергия излучения, которое отдает нагретое тело, испускается не сплошным потоком, а порциями, которые Планк назвал квантами.

Предположение, конечно, глупое. Ну, что значит «излучается порциями»? Вот у нас есть бак, заполненный водой. Мы открыли кран, и она потекла – сплошным потоком. А почему излучение от нагретого тела должно «течь» не сплошным потоком, а каким-то пунктиром? Это же волны! Они бегут сплошняком! Что еще за порции такие дурацкие?

Однако введение этих порций в формулы дало хороший результат и позволило, что

называется, подогнать решение к ответу, известному из практических наблюдений.

Работая над моделью излучения черного тела, Планк часто прогуливался по улице с сыном, не переставая думать обо всем этом. И однажды признался мальчику:

– Или то, что я делаю, абсолютная бессмыслица, или самое большое открытие в физике со времен Ньютона!

Планк, который стоял на позициях классической физики, очень расстраивался из-за того, что ему пришлось выдумать эти вот «рваные волны», которые излучаются непонятными порциями. Он рассчитывал, что кто-нибудь вскоре придумает что-то получше и исправит ситуацию, избавив мир от его дурацких квантов.

Увы! Кванты никак не хотели из теорий убираться, без них никак не получалось.

Неужели энергия тоже квантована, как и вещество? Поясню… Вещество, как мы уже знаем, делимо. Мельчайшей его частичкой является атом. Может, и энергия тоже состоит из «атомов энергии»? Стоп! А при чем тут энергия, спросите вы, ведь речь у нас об излучении? Дело в том, что энергией в физике часто называют не только такую абстрактную вещь, как энергия кинетическая или энергия потенциальная, но и вполне конкретное электромагнитное излучение. Оно считается энергией в чистом виде, так сказать… В общем, Планку формулы подогнать к реальности удалось, но по смыслу получилась какая-то ерунда, какие-то «куски волн», «куски излучения», похожие на частицы.

Пока классическая физика осмысливала получившуюся ерундень, по ней нанесли еще один удар. На сей раз постарался Эйнштейн.

Эйнштейн – не только икона современной физики, но и самый известный физик среди простого народа. Не потому, что народ понимает его теории, а потому что Эйнштейн, волосатый и озорной, – любил фотографироваться, высунув язык.

Что же натворил Эйнштейн?

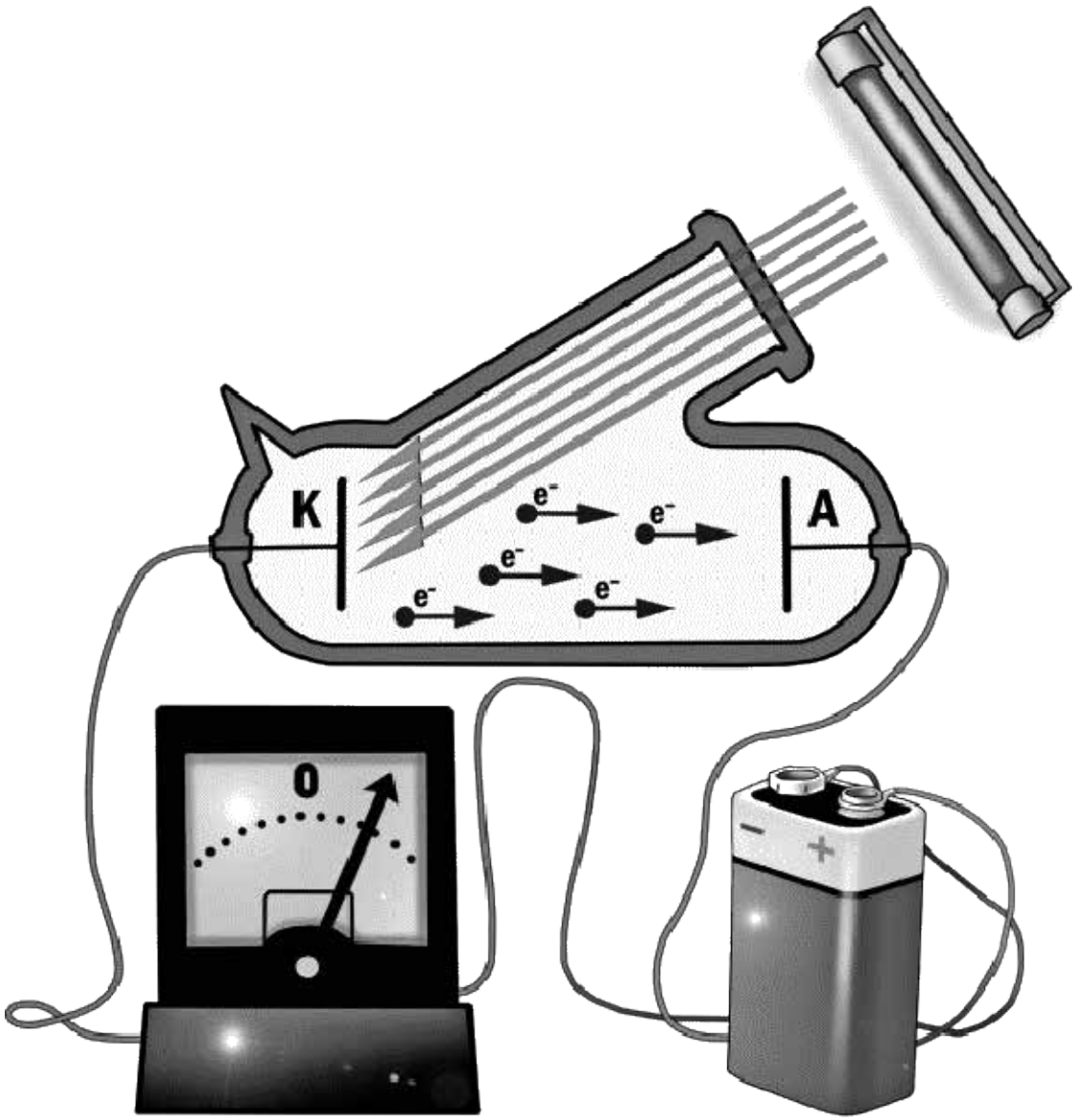
Не скрою, набедокурил он изрядно. Рассказываю.

В конце XIX века физиками был открыт так называемый фотоэффект. Очень интересное явление! Оно заключается в следующем: при освещении металлической пластины светом световые лучи выбивают из этой пластины электроны. Схемка эксперимента дана ниже.

Неожиданностью в этом опыте было то, что энергия выбиваемых светом электронов совершенно не зависела от интенсивности светового потока! Слабенький он был или мощный – это влияло только на количество выбитых электронов. А вот их энергия зависела, как ни странно, от частоты света. И для любого материала катода всегда существовала такая низкая частота излучения, что фотоэффект прекращался. Это назвали «красной границей фотоэффекта», потому что чем ниже частота света, тем он ближе к красному.

Еще любопытно, что никакой медленной «накачки» электронов энергией не было, электроны начинали вылетать из металла сразу после включения лампы, словно им не нужно было «раскачиваться», набирая энергию для вылета.

Вообще-то, волновая теория света предсказывала совершенно другой результат – электроны должны сначала какое-то время накапливать энергию, причем их энергия должна была зависеть от интенсивности излучения (яркий источник света или тусклый), а не от его частоты, то есть цвета лучей. Это что же получается? Теория плохая? Но в других случаях она прекрасно работает. А тут чего-то спотыкается. Мы уже знаем: так бывает. Любая функция имеет область определения, а любая теория имеет границы своего применения. Ученые как раз вышли на эту границу. И значит, пришла пора расширять теорию!



Явление фотоэффекта. Берется стеклянная лампа хитрой формы и из нее откачивается воздух. С разных сторон в стекло впаяны два электрода – катод и анод. На них подается напряжение от батареи. Однако никакого тока в сети нет, потому что цепь не замкнута. Но если начать облучать светом катод (К), световые волны станут выбивать из металла электрончики. Освободившись из металлического плена, они под действием притяжения со стороны положительно заряженного анода (А) летят к нему, образуя электрический ток и замыкая электрическую цепь

Это и сделал Эйнштейн. Он внес в ситуацию точно такое же предположение, какое внес Планк: излучение происходит «порциями». Ну то есть излучение – это не какая-то сплошная волна, как думали раньше, а короткие «кусочки», больше похожие вообще-то на частицы. Порция – это ведь часть, и само слово «частица» произошло от слова «часть».

Впоследствии эти «кусочки света» назвали фотонами.

У фотонов нет никакой массы. Они не могут находиться в состоянии покоя. Они электронейтральны, то есть не имеют заряда. Фотон – это квант, то есть частица электромагнитного излучения. Порция живой энергии.

Один фотон попадает в один электрон и целиком передает ему свою энергию, всю порцию, после чего электрон, получивший эту энергию, пулей вылетает из кристаллической

решетки металла, как подорванный.

Интенсивность (яркость) света – это количество фотонов. Много фотонов – яркий свет, мало – тусклый. Поэтому интенсивность света и влияет на число выбитых электронов, а не на их энергию, ведь один фотон выбивает только один электрон: больше яркость света – больше выбитых электронов. Энергия же выбитых электронов (то есть скорость их вылета из металла) зависит от энергии фотона, а та зависит от частоты фотона. Высокочастотные – высокоэнергичные. Поэтому если частота (то есть энергия) фотонов становится слишком маленькой для выбивания электронов из металла, фотоэффект просто пропадает. Вот такое объяснение «красной границе фотоэффекта» дал Эйнштейн.

Вроде логично. Но при этом какой-то бред вообще, вы не находите?

Ну, в самом деле, как волна может состоять из частиц, фотонов этих? Ведь волна – это, строго говоря, процесс. А частица – это, друзья мои, объект. Вот молекула, например, объект. Если мы собираем множество молекул в огромный массив, мы получаем среду. И по этой среде могут распространяться колебания, то есть синхронизированные движения объектов среды (молекул). Групповой танец молекул – это колебание. Как колебание может состоять из «частиц колебания»? Как процесс может быть объектом?

Велосипед – это объект. Езда на велосипеде – процесс.

Буханка хлеба – объект. Нарезание хлеба – процесс.

Антилопа – это объект, хоть и живой. Бег антилопы – процесс.

Вода – это объект, хоть и жидкий. Волны на воде – процесс.

Это же принципиально разные вещи!

Нос – это не сморкание. Потому что нос – объект, а сморкание – процесс, который с объектом происходит.

Мозг – это объект. Мышление – процесс, который в мозгу творится.

Как частица может быть волной?

Со времен Ньютона, который утверждал, будто свет – это поток корпускул, прошло много времени, за которое наука блистательно доказала не корпускулярную, а именно волновую природу света. Все свойства волн были у света обнаружены – дифракция, интерференция, преломление. Свет – это волны, а не частицы!..

И вдруг приходят Эйнштейн с Планком и говорят: да нет, вообще-то это частицы, кванты, только так и можно объяснить целый ряд физических явлений, включая фотоэффект. Электроны поглощают частицы света целиком, порционно. Был бы свет сплошными волнами, вся картина фотоэффекта выглядела бы совершенно иначе. А она выглядит так, как если бы электроны не раскачивались постепенно непрерывными колебаниями, а бомбардировались потоком частиц.

Погоревали немного физики да и махнули рукой: эх, ладно, пусть будет околесица! Согласимся, что иногда свет обладает свойствами волны – когда он свободно летит себе и никого не трогает. А иногда свойствами частиц – когда бомбардирует вещество. Пусть у нас будут теперь две взаимоисключающие теории, объясняющие свет, и пусть они счастливо дополняют друг друга, решили физики. Поженили две несовместимые теории и радуются.

Но тут пришел один француз по имени Луи де Бройль, тоже физик, и сказал:

– У меня идея! Если свет, который мы всегда считали волной, теперь обладает свойствами частиц, то быть может, и электроны, которые мы всегда считали частицами, тоже обладают свойствами волн, ну то есть могут интерферировать – складываться друг с другом?

Тоже идея дикая, если задуматься. Электроны – это точно малюсенькие шарики! Давным-давно известна их масса, известен размер – эти характеристики электрона в любом физическом справочнике написаны. Ну, какие волны? Какая интерференция?! Это же горох! Разве может одна горошина сложиться с другой? Бред!

– Ничего, ничего, – успокоил научное сообщество де Бройль. – Давайте проверим.

Проверили…

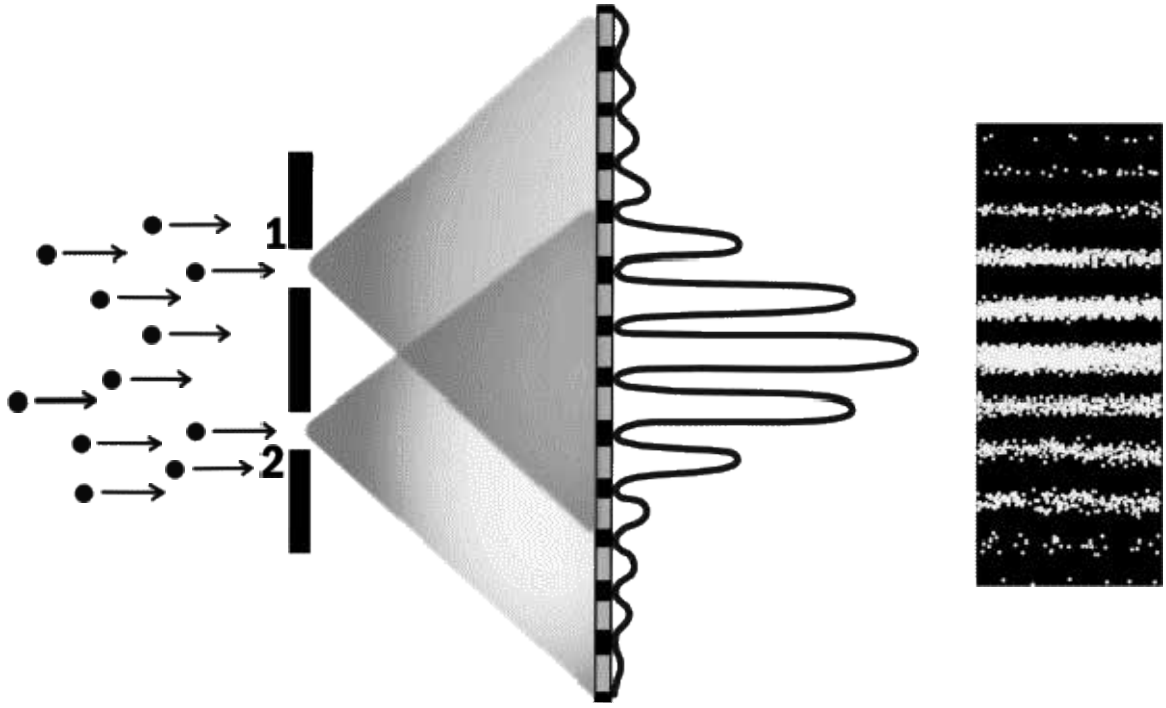
Помните, как физик Юнг пропускал свет через две параллельные щелки, после прохождения которых световая волна начинала складываться друг с другом, давая на экране

полосатую картину? Там, где волны света складывались, были яркие полосы, а там, где они вычитались – темные.

Тот же самый эксперимент, проведенный с электронами, показал: интерференция есть! «Горох» складывается друг с другом! И ладно бы только это! Но ведь выяснилось, что один электрон пролетает через две щели одновременно – так же, как и одинокий фотон может пролететь через две щели одновременно! Одна горошина провалиться через две щели в полу не может. Один автомобиль проехать в два параллельных туннеля не может. Один поезд по двух колеям одновременно ехать не может. А один электрон да через две щели – запросто!

То есть он пролетает через две щели и потом сам с собой интерферирует, то есть складывается волновым образом.

Удивительно. Некоторые свойства электрона, например, спин, о котором мы уже говорили, объясняются вращением электрончика вокруг собственной оси, он крутится как юла или планетка. И это вполне представимо. Но как вокруг своей оси может кружиться волна? Это уже ни в какие ворота воображения не лезет!



Интерференция пучка электронов в двухщелевом эксперименте. Черно-белая фотокартинка изображена справа. Если бы электроны были, как шарики, картина была бы принципиально иной – на экране мы бы видели только две засвеченные полосы – напротив щелей. А их вон сколько!

И не только электрон. В дальнейших опытах была показана интерференция, то есть волновые свойства, протонов, нейтронов. А затем и таких огромных по сравнению с элементарными частицами образований, как атомы и даже целые молекулы! Вещество имеет волновую природу!

Это что же получается? Все наши привычные картины насмарку? Выходит, электрон, как и свет, в свободном полете проявляет свойства волны, а при соударении с препятствием ведет себя, как классическая частица?

Но тогда и модель атома нужно менять! Мы больше не можем представлять себе электрончики как планеты, летающие вокруг атомного ядра по своим орбитам. Потому что у волн нет никаких орбит, волны как бы размазаны в пространстве. Получается, что электроны просто размазаны вокруг атомов и представляют собой нечто вроде электронных облаков.

Электроны вне атомов ведут себя аналогично – не имеют траекторий полета. Хотя с точки зрения классической физики девятнадцатого века должны были бы их иметь. Что

такое траектория полета, каждый грамотный пенсионер и юный мальчик представляют прекрасно. Это линия движения. Пуля, которая вылетает из ствола, описывает определенную траекторию. Законы баллистики давно известны, зная скорость и массу пули, всегда можно вычислить, где и в какой момент после вылета окажется пуля и какую скорость она будет иметь. Здесь ничего сложного нет.

А вот если стрельнули электроном, то ничего точно предсказать нельзя. Электрон в полете размазан. Волна! Она везде. И поэтому пролетает одновременно в две дырки. После чего интерферирует сама с собой. А затем врезается в экран уже в виде объекта – крохотного материального шарика, имеющего конкретный размер и точку удара. Все это огромное по сравнению с размерами классического электрона летящее электронное облачко в одно мгновение вдруг схлопывается, стягивается в точку и превращается в привычную нам частицу. Это называется коллапсом или схлопыванием волновой функции.

Сложно себе это представить, ей-богу. Потому физики старой школы долго пребывали в растерянности. И сами виновники торжества, типа Планка и Эйнштейна, долго не хотели соглашаться с тем, чему сами послужили причиной.

Так в начале XX века начала рушиться вся привычная наглядная картина мироздания, на которой раньше стояла физика. Наука вторглась в область микромира и попала в область непредставимого. То есть не имеющего наглядных моделей. Ведь что для нас наглядность? То, что нам привычно. А привычно нам то, с чем мы сталкивается каждый день в нашем макромире. И поскольку свойства микромира кардинально отличаются от свойств макромира, в нашем большом мире мы не можем найти нужных аналогов и примеров, которые бы наглядно описывали то, что происходит там.

Очередное огромное полешко в костер этой мировоззренческой катастрофы подбросил великий физик Гейзенберг – тот самый, который делал Гитлеру атомную бомбу, да так и не доделал. Гейзенберг совершил открытие принципиальной важности, которое поставило на старом добром наивном мире XIX века – мире лошадей и паровозов, Шерлока Холмса и Жюля Верна – черный жирный крест.

Гейзенберг открыл свой знаменитый принцип Гейзенберга, который раз и навсегда покончил с иллюзией фатальности, с представлением о мире, в котором все можно предсказать, если познать его хорошенечко. Мир оказался принципиально непознаваемым до конца и лишенным так называемой скрытой реальности.

В чем же этот принцип Гейзенберга, действующий в микромире, заключается? О чем он говорит? И что такое скрытая реальность?

Принцип Гейзенберга иначе называют принципом неопределенности. Суть принципа следует из его названия и заключается в том, что в микромире всегда присутствует неопределенность. То есть мы не можем одновременно точно определить и координату микрочастицы, и ее скорость. Чем точнее мы определяем скорость, тем менее точно определяется координата. И наоборот. При самом точном определении скорости неопределенность в определении координаты частицы стремится к бесконечности. Иными словами, ничего мы уже сказать о ее местоположении не можем.

Принцип неопределенности имеет свое формульное выражение, но приводить эту формулу, хоть она и довольно проста, я не буду, чтобы не отпугивать читателей, поскольку каждая формула в книге сокращает количество читателей вдвое. А мне бы этого не хотелось! Скажу лишь, что в формуле Гейзенберга присутствует в качестве константы, то есть неизменного коэффициента, постоянная Планка – одна из основных характеристик микромира. Это и есть константа неопределенности.

Ну, а что такое «скрытая реальность»?

Если мы отдернем рукой познания тяжкий бархатный полог этого мира, закрывающий его изнанку, мы увидим божественный механизм, наподобие часового, который приводит мир в движение. Этакие приводные колесики вселенной, как в музыкальный шкатулке… Таковы были ньютоновские представления о мире – если мы чего-то не знаем, то это происходит только потому, полагала наука XIX века, что мы просто еще чего-то не успели

изучить. А вот изучим и узнаем!

Физика XX века поставила на этих наивных представлениях крест, заявив: мы кое-что не знаем о мире не потому, что еще не отдернули рукой познания полог неизведанного, а потому что мир сам о себе этого не знает. Этой информации, которую мы ищем, просто не существует в природе! Принцип неопределенности – такой же закон природы, как и все прочие, ранее нами открытые. И он говорит: не существует никакого четкого, словно в часах, механизма пока еще скрытой от нас реальности. Определив скорость частицы, мы полностью теряем способность найти ее местоположение вовсе не потому, что нами еще не познана какая-то скрытая пока реальность. Нет! Как раз все познано! И это неприятное познание состоит в том, что мир в самой своей основе не имеет той определенности, к которой мы так привыкли. И до тех пор, пока мы не начали измерять параметры частицы, их, этих параметров, просто не существует! Они возникают в момент измерения. Именно потому заранее мы о них ничего сказать и не можем. Можно сказать, что мы творим мир измерением.

Мы не может точно вычислить характеристики частицы или предугадать место, куда она попадает. Но зато мы точно можем узнать вероятность попадания! Например, с вероятностью в 90 % частица окажется тут, а не там.

Что это значит?

Это значит, что из огромного числа частиц 90 % хлопнутся сюда, а не туда. А вот что касаемо поведения отдельной частицы, то где именно она окажется, достоверно сказать нельзя. Скорее всего тут. Но может и там.

Глава 2
Напрыгали, как черти из табакерки!

В прошлой главе мы одну хорошую вещь с вами повторили и проговорили – в мире существуют вещество и поле. Если два куска вещества сталкиваются непосредственно – как, например, лоб бегущего мальчика с дверным косяком, они со стуком взаимодействуют. Здесь взаимодействие передается касанием. Но бывает и дистанционная передача, похожая на колдовство – на расстоянии воздействие передается с помощью поля, которое простирается в пространстве вокруг, например, магнита, притягивающего разложенные скрепочки. Или вокруг Земли, если речь идет не об электромагнитном поле, а о гравитационном.

Гравитационное взаимодействие, то есть взаимодействие масс, отвечает за всемирное тяготение, а электромагнитные силы, то есть взаимодействие между притягивающимися и отталкивающимися зарядами, отвечают у нас за всю химию и за само существование тел, которые не разваливаются на атомы, а вполне себе целехонькие находятся в положенных местах.

Кроме того, в предыдущих частях книги вы узнали, что бывают еще два вида взаимодействия – сильное и слабое. Сильное весьма мощное, но короткодействующее и отвечает за удерживание нуклонов в ядре атома (оно противодействует электростатическому отталкиванию положительно заряженных протонов). А слабое – это распадное взаимодействие, отвечающее за распад частиц и развал атомных ядер. Помните – распад одинокого нейтрона…

Возникает вопрос: если гравитационное взаимодействие передается полем и электромагнитное передается тоже полем, то, может быть, слабое и сильное также имеют полевую природу?

Да, имеют. Но об этом чуть позже. Сейчас же вернемся к тому простому и незатейливому случаю, с которого начали эту главу и который не должен, казалось бы, вызывать никаких вопросов – например, с приятным стуком сталкиваются и разлетаются два бильярдных шара или голова мальчика и дверной косяк. Как передается взаимодействие между твердыми электронейтральными и немагнитными телами в момент их

соприкосновения?

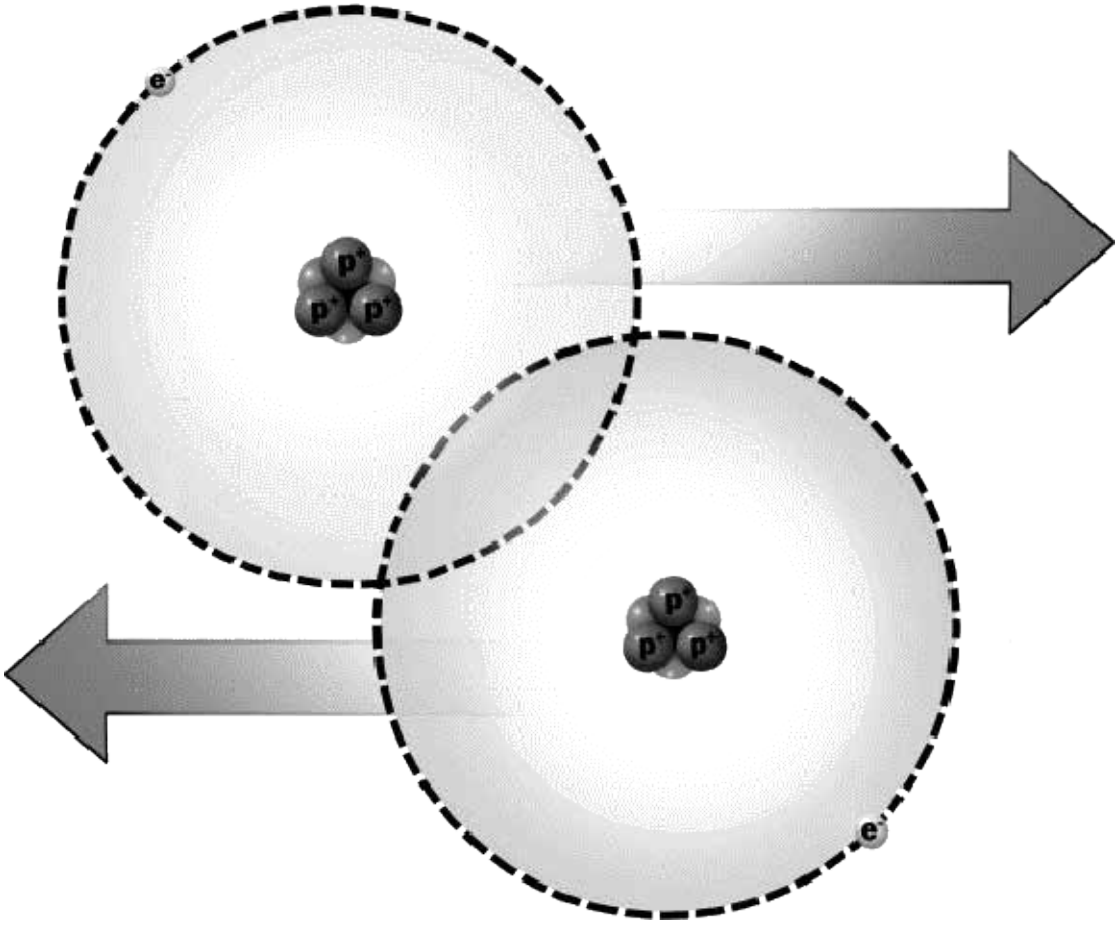
Что при этом происходит на уровне атомов?

Вопрос непростой! Мы ведь уже знаем, что атомы практически пусты внутри, в них чуть-чуть «реального» вещества, да и то почти целиком сосредоточеннного в ядре, а от плотного ядра до крайних электронных оболочек – огромное по атомным меркам расстояние. Сами же электронные облака, оболочки или орбит**а**ли, как их еще называют, почти ничего не весят, электроны-то легонькие и крохотные! Во взрослом человеке массой примерно 70 кг электроны весят всего 20 граммов, а весь остальной вес приходится на ядра атомов.

99, 9999 % объема атома – это пустота, не занятая никаким веществом. Ядро в атоме занимает одну стотриллионную часть объема атома. А электроны атома занимают еще меньший объем, чем ядро.

Атом практически пуст!

И вот мы берем воображаемый очень сильный микроскоп и начинаем смотреть в него с целью выяснить, что же происходит, когда сближаются два бильярдных шара. Шары на первый, то есть невооруженный взгляд, гладкие. Но мы видим при большом увеличении, как они вот-вот коснутся друг друга довольно шероховатыми поверхностями, напоминающими горы на планете. Прибавляем увеличение воображаемого микроскопа и начинаем различать уже отдельные молекулы, затем атомы. Вот атомы двух шаров приближаются друг к другу. Точнее приближаются их электронные шубы. Но электронные шубы – практическая пустота. Электрончики мало того, что крохотные и болтаются на очень удаленных от ядра орбитах, так они еще одновременно и волны, то есть «существа» весьма эфемерные. По сути, атомам нечем соприкасаться!



Отчего же они не проходят друг сквозь друга, как на этом рисунке?

? Почему же атомы не проходят друг сквозь друга?

А оттого, что одноименно заряженные частицы (например, электроны) отталкиваются. Дистанционно. Полем. И это значит, что никакого соприкосновения твердых тел на самом деле не существует! Ничто там не соприкасается, потому что соприкасаться практически нечему – пустота одна с эфемерным трепетанием электронных облаков! Фактически внешние электроны атомов двух стукающихся друг о друга бильярдных шаров взаимодействуют друг с другом дистанционно, на расстоянии, через поле! Правда, это расстояние очень маленькое, но все равно мы наблюдаем типичное дальнодействие.

Именно так и происходят все соударения всех твердых тел – через электростатическое отталкивание электронных оболочек их внешних атомов.

А как поля двух сближающихся электронов «общаются» друг с другом, как они друг друга чувствуют? И что такое вообще – поле? Из чего оно сделано?

На этот вопрос физики вам не ответят. На этот вопрос знают ответ только философы. Они говорят так: поле – это особый вид материи. И многозначительно замолкают.

Зато на первый вопрос – как полевое взаимодействие передается – физики ответ имеют. Передатчиком электромагнитного взаимодействия являются кванты электромагнитного поля – те самые фотоны, о которых мы уже знаем. То есть: два сближающихся внешних электрона разных атомов обмениваются «приветственными телеграммами» – квантами – и таким образом «узнают» друг о друге: ага! на подлете другой электрон, нужно отталкиваться!

Точно так же происходит обмен электромагнитными квантами между электронами и протонами в одном атоме: они шлют друг другу постоянные опознавательные сообщения: привет! рядом противоположный заряд, надо притягиваться!

– Так может, поле состоит из квантов? – озарит кого-то внезапная мысль.

Мысль хорошая. Но неправильная.

Как океан не состоит из волн, так и поле не состоит из квантов. Кванты поля – это лишь возмущения, волнение физического поля. Но даже не это самое интересное.

Удивительнее другое – те самые обменные кванты не простые, а виртуальные, то есть как бы несуществующие. Что это значит? А это значит, что их нельзя перехватить или засечь никаким приборным методом. То есть даже убедиться в их существовании невозможно.

Неплохо завернуто? Такова современная физика, привыкайте.

Слова «виртуальная реальность» известны нынче всем из-за массового распространения компьютеров и компьютерных игр. Виртуальная – значит несуществующая, придуманная, сказочная, игровая. Но если для компьютерных миров это определение вполне понятно, то в устах строгой науки физики выглядит странно. И это еще очень мягко сказано! С каких это пор физика оперирует сказочными, выдуманными категориями? А вот с тех самых пор, когда Планк и Эйнштейн себе на голову придумали кванты и потом весьма страдали через это интеллектуально. Родив новый раздел физики – квантовую механику, они сами были ею очень недовольны, уж больно непривычная какая-то физика начинала вырисовываться на горизонте! Недаром Эйнштейн называл квантовую механику «магией» и даже «не-физикой».

Но великий Эйнштейн ошибался! Кванты прочно укоренились в физике вместе с квантовой механикой, и современные физики теперь не только отказались от прежних наивных представлений о физической реальности (об отказе физиков от реальности можно прочитать ниже в специальном разделе), но и вовсю оперируют виртуальными квантами, само существование которых доказать нельзя, потому что их принципиально невозможно поймать. Это своего рода «шифрограммы», которыми обмениваются заряженные частицы.

Настоящие, реальные кванты, частицы или фотоны отличаются от виртуальных тем, что реальные фотоны – это обычный свет, обычное электромагнитное излучение. Его можно «поймать» на фотопластинку или глазом, отразить зеркалом, уловить антенной. А вот

виртуальные фотоны – никак. Едва возникнув, они обязаны тут же поглотиться, не успев как следует проявиться в этот мир.

Почему?

Потому что в нашем мире, друзья мои, ничто не возникает из ниоткуда и никуда не пропадает, ибо действуют строгие законы сохранения. Подумайте сами – электроны все время пуляют вокруг себя этими фотонами. А ведь каждый фотон – это «порция энергии» в чистом, рафинированном виде. При таком «расходе патронов» электрон вскоре вовсе потерял бы всю энергию своего существования! А он ничего не теряет, а спокойно живет.

Да, бывают случаи, когда электрон излучает реальный, настоящий фотон. Но для излучения фотона электрон должен быть возбужденным, то есть ранее уже поглотившим фотон света. Принцип прост: сначала электрон поглотил фотон, возбудился, то есть стал энергичнее ровно на эту порцию энергии, а потом выплюнул ее обратно в виде фотона. Именно так и происходит отражение света от предметов. Чуть позже мы об этом еще поговорим подробнее.

Но обычный спокойный, «домашний» электрон в атоме, кружащийся в мягких тапочках по своей уютной орбитали вокруг ядра, просто не имеет лишней энергии, чтобы бездарно тратить ее, выстреливая из себя фотон за фотоном, информируя всех о своем присутствии!

Поэтому физикам пришлось придумывать, то есть дополнять свою теорию некими виртуальными фотонами. Которые все-таки как бы излучаются электроном, как бы нарушая закон сохранения энергии. Но само это нарушение, само появление или «полупоявление» этих виртуальных фотонов в нашем мире возможно лишь потому, что существует принцип неопределенности, допускающий на короткое время нарушение законов сохранения – но на такое короткое время, чтобы засечь это нарушение было никак нельзя. Этакая флуктуация, то есть случайное колебание в рамках допустимой неопределенности.

И если реальные фотоны видят все, кому не лень, то виртуальные «видят» только обменивающиеся ими частицы. По сути – это призраки. Чистая выдумка физиков. Теоретический конструкт, рожденный в их головах. Однако эти неуловимые призраки передают вполне реальное взаимодействие: бац! и бильярдные шары со стуком разлетелись в разные стороны – просто потому, что электроны, находящиеся на их поверхностях, обменялись виртуальными фотонами. Которых как бы и не существует. Или их не существует без всяких «как бы»? Ведь что такое «существует»?

Существует – значит проявляет себя! А виртуальные фотоны принципиально невозможно засечь никакими приборами. И проявляют они себя только так – через взаимодействие между элементарными частицами, из которых состоит весь мир.

Ну и как проверить, есть ли они «на самом деле»? Да никак! В теории они существуют и объясняют, как происходит взаимодействие. А кроме теорий наука больше ничем, в общем-то, и не оперирует.

Ладно. С этим примерно разобрались – **электромагнитное** взаимодействие передается с помощью фотонов. А остальные виды взаимодействия?

Да так же!

Гравитационное – передается с помощью квантов гравитационного поля – гравитонов. Причем если реальные электромагнитные фотоны прекрасно изучены и легко наблюдаемы, то гравитоны экспериментально еще не обнаружены.

Сильное взаимодействие, которое скрепляет в ядре атома между собой протоны и нейтроны, передается сильным полем, носителем которого являются кванты этого поля – виртуальные пи-мезоны. Нуклоны в ядре буквально окружены шубой из виртуальных пи-мезонов.

Ну, а носителем **слабого** взаимодействия являются кванты слабого поля со странным названием векторные бозоны.

Подробный рассказ об этих и других элементарных частицах – тема для отдельной книжки, однако пару слов об этом сказать стоит.

Мы с вами твердо знаем: самые лучшие элементарные частицы – электрон, протон и нейтрон. Я бы на каждом из них знак качества поставил, настолько они отличные! Именно из этих кирпичиков сделан весь окружающий нас мир – воздух, зеркало, папа с мамой, мороженое, деньги, солнце и прочие полезные в быту предметы. Все остальные частицы по сравнению с этими – сущий мусор.

А какие остальные?

Ну, вот, например, уже знакомое нам нейтрино, про которое мы вскользь упоминали ранее и которое получается при распадных, то есть слабых взаимодействиях. Напомню: при распаде свободного нейтрона, который живет 15 минут, получаются протон, электрон и то самое нейтрино. Возникнув, оно уже не взаимодействует с веществом и улетает прочь навсегда со скоростью света, более никому никогда уже не мешая и практически не вступая ни в какие реакции. Сущий пустяк! Вселенский вздор. Мировой мусор.

Ну, еще мы с некоторой натяжкой можем включить в список известных нам частиц фотон – «кусочек света», хоть это и безмассовая частица, в том смысле, что она не имеет массы покоя: фотон нельзя остановить, он может только лететь со скоростью света, как и нейтрино. Только нейтрино просто пронзает любую материю, не замечая, и улетает дальше, а когда фотон хлопается о какое-то вещество, он просто перестает существовать. Куда же он девается? Мы ведь твердо знаем из законов сохранения массы и энергии, что масса и энергия никуда не пропадают и не возникают из ниоткуда.

Совершенно верно: фотон, будучи порцией чистой энергии, всю ее (себя) передает тому электрону того атома того вещества, в которое попал. Электрон целиком проглатывает этот квант энергии и становится возбужденным, то есть более энергичным, перескакивая при этом на более высокую орбиту.

А потом?

А потом возбужденный электрон сбрасывает возбуждение, излучая фотон и «успокаивается», вновь опускаясь на прежнюю низкую орбиту. Именно так происходит рассеивание голубого света в атмосфере – фотоны беспорядочно скачут от одной молекулы воздуха к другой. Так происходит отражение света от зеркала. И почти также происходит переизлучение в другом диапазоне: например, закопченное, то есть покрытое черной сажей. стекло свет не отражает, а поглощает. То есть электроны сажи хватают фотон, возбуждаются, но потом, в силу особых свойств сажи, переизлучают его с другой частотой – в виде квантов инфракрасного, то бишь теплового излучения. Это значит, что черные тела типа сажи быстро нагреваются на свету. Поэтому на юге, где много солнечного света, лучше иметь белый автомобиль или серебристый – меньше нагреваться будет и больше отражать. А вот бак для нагрева воды солнцем надо непременно делать черным – вода в нем быстрее прогреется.

Впрочем, мы отвлеклись… Итак, еще сто лет назад физики знали всего три частицы – протон, электрон и нейтрон, причем нейтрон был еще не открыт, а только предсказан (открыт он был лишь в 30-е годы XX века).

? Ну, чего еще желать? Зачем нужны еще какие-то частицы, если из этих трех складывается все?

Однако, изучая в верхних слоях атмосферы космические лучи, то есть прилетающее на Землю из космоса излучение разного рода, ученые обнаружили и другие частицы. И даже античастицы! Именно так была обнаружены первая античастица – позитрон.

Почему их назвали античастицами? Потому что свойства античастиц как бы противоположны свойствам частиц, и при встрече частицы с античастицей происходит их аннигиляция, то есть взаимоуничтожение – этакий микроскопический взрыв, при котором обе массы (частицы и античастицы) переходят в чистую энергию, то есть в кванты электромагнитного излучения – на месте двух солидных частиц с массой образуется яркая и

безмассовая фотонная вспышка.

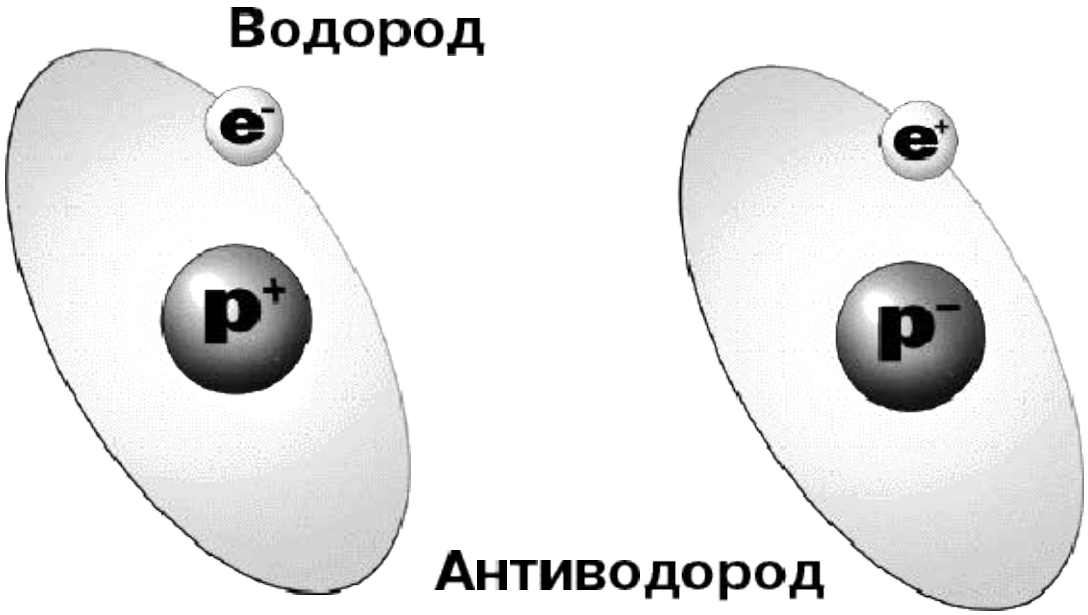
Позитрон – это антиэлектрон. Он имеет точно такую же массу, точно такой же размер, что и электрон. У него такой же спин, то есть свойство вращения, как у электрона, но электрический заряд у позитрона положительный, а не отрицательный. Иными словами, позитрон – точная копия электрона, только с противоположным зарядом. И этого хватает для взрывного взаимоуничтожения при встрече – аннигиляции.

Позже были найдены античастицы и для других частиц. Антипротон, например, имеет все те же характеристики, что и обычный протон, вот только заряд у него не положительный, а отрицательный. Однако при встрече антипротона с протоном происходит все то, что и должно происходить при встрече античастиц – аннигиляция.

Вообще говоря, аннигиляция – самый энергичный процесс из известных человечеству. Аннигиляционный взрыв в тысячи раз мощнее взрыва водородной бомбы. Потому что при взрыве атомной или водородной бомбы только часть массы реагирующего вещества переходит в энергию. А тут – вся масса! В том и состоит основной прикол аннигиляции, что она целиком превращает массу в излучение.

Самая большая водородная бомба, когда-либо взорванная человечеством, имела мощность в 50 мегатонн в тротиловом эквиваленте, то есть для взрыва такой же силы потребовалось бы 50 миллионов тонн обычной взрывчатки (тротила) – это миллион грузовых вагонов по 50 тонн каждый, что превышает мощность всей взрывчатки, использованной во Второй мировой войне. При этом сама водородная бомба весила всего 27 тонн, а действующего вещества (дейтерия) в ней было всего-то несколько тонн, все остальное – вспомогательное оборудование. А вот если бы могли осуществить взрыв такой мощности при помощи антивещества, потребовались бы уже не тонны, а всего 1 кг антивещества и 1 кг вещества.

Вот только взять его негде, это антивещество, его очень мало в нашей Вселенной. Ученым на ускорителях удается получать буквально считаное количество этих античастиц. И однажды, кстати, удалось даже собрать из них атом антиводорода. Что такое водород, мы знаем – это один протон, вокруг которого вращается один электрон, самое простое вещество. А антиводород – это антипротон, вокруг которого вращается позитрон. У обычного водорода плюсовой заряд в центре атома, а «минус» болтается вокруг, а у антиводорода все наоборот. Антивещество!



Водород и антиводород

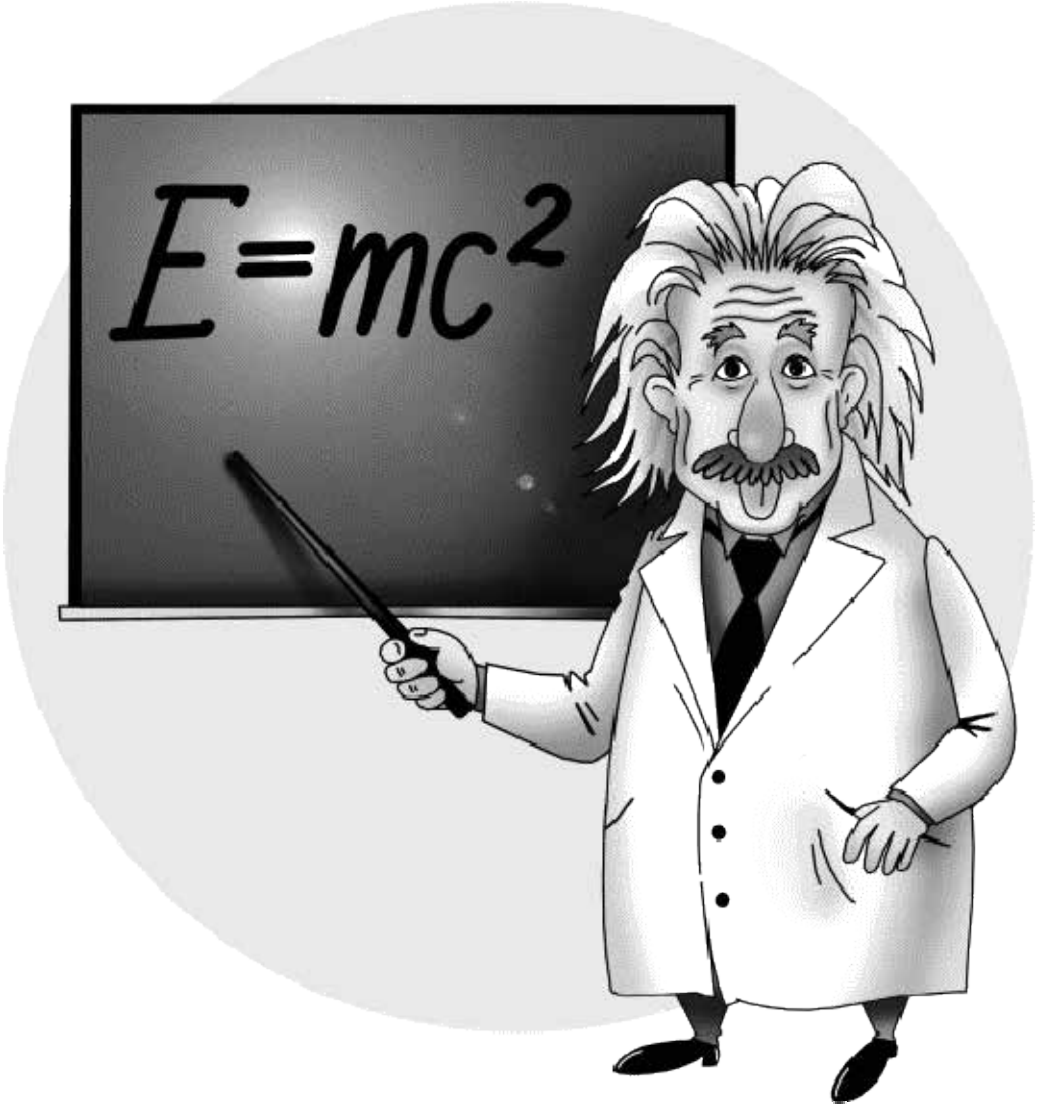
Кстати, вас не удивил тот факт, что масса может исчезать, превращаясь в чистый свет

(излучение)? Ведь на самом деле это поразительно, если вдуматься! Нас с самого детства окружают тела, имеющие массу, мы так привыкли к проявлению массивности, что сама мысль о том, будто масса может попросту исчезать, кажется дикой. Тем более, что у самих физиков есть закон сохранения массы, который дети проходят в начальной школе! Это что же, один из главных физических законов нарушается, что ли?

Нет, не нарушается. Ведь масса не исчезает бесследно.

Дело в том, что, строго говоря, масса и энергия – это одно и то же. Масса – это как бы «сгущенная энергия», и правильнее закон сохранения массы и закон сохранения энергии было бы назвать законом сохранения массы-энергии, потому что масса никуда бесследно не исчезает, но может переходить в энергию, и наоборот (равно как и разные формы энергии могут переходить друг в друга – механическая в электрическую, электрическая в тепловую и т. д.)

Эквивалентность массы и энергии показал еще Эйнштейн, написав свою знаменитую формулу, связывающую массу с энергией через скорость света. Приводить эту простенькую формулу, хоть и велик соблазн, я тут не буду, ибо дал себе страшную клятву написать книгу о физике без единой формулы. С другой стороны, кто мне помешает разместить тут картинку? Таким образом я хитро вывернусь, не нарушив данного самому себе слова.



Формула Эйнштейна, связывающая массу с энергией, настолько популярна в народе, что ее часто рисуют даже на футболках и кружках. Здесь E – это энергия, m – масса, а c – скорость света в квадрате.

В общем, если верить майкам и кружкам, любую энергию можно выразить в килограммах, а любую массу – в единицах энергии (джоулях) с помощью простого коэффициента c^2. Хотя с налету понять сие непросто: в самом деле, ну как такое может быть, что масса и энергия – одно и то же? Уму непостижимо!

Масса – это мера инертности тела, мера его веса.

Чем массивнее тело, тем труднее его стронуть с места, разогнать или поднять. Еще масса имеет гравитационное свойство – она может притягивать к себе другие гравитирующие массы. А энергия – это нечто эфемерное, теоретическое. Некое свойство или способность тела совершать работу. Мы это уже разбирали: поднял гирю в часах – запас ей потенциальную энергию для движения стрелок, разогнал пулю – придал ей кинетическую энергию, теперь она может пробить доску. Наконец, энергией в физике называют и просто кванты электромагнитного излучения. Вот именно в эти безмассовые кванты и превращается масса при некоторых реакциях.

Тут некоторые добрые люди могут сказать, почесав затылок:

– Ну, тогда получается, что энергия энергии рознь, не надо путать. Кинетическая энергия – это просто формальная абстракция. Скорость тела подставляется в формулу, и получается на бумажке некое число, которое мы называем энергией. В реальности никакой энергии нет, есть только скорость тела. Да и та – величина очень относительная, весьма формальная. Если вы едете в электричке, то ваша скорость относительно земли равна скорости электрички, и у вас тогда довольно большая кинетическая энергия. А относительно вагона вы вообще не двигаетесь, а просто сидите на лавке, стало быть, относительно вагона ваша кинетическая энергия равна нулю! А если учесть, что Земля с огромной скоростью несется вокруг Солнца, то относительно Солнца ваша кинетическая энергия вобще умопомрачительная! Но это всего лишь циферки на бумаге. А вот что касаемо излучения, то есть квантов электромагнитного поля, которые тоже иногда называют энергией – это всего лишь одна из форм существования материи – полевая. Просто в микромире вещество может превращаться в поле, а поле в вещество. Так что не надо нам тут говорить, будто реальное вещество превращается в энергию. Оно просто превращается в другую форму материи. А попробуйте превратить в реальную материю цифры на бумаге!..

Хорошие рассуждения. Глубоко человек копает. Уважаю. Вот только кинетическая энергия, которая зависит от скорости, очень даже может превращаться в реальную материю – и полевую, и вещественную, то есть и в излучение, и в массу.

Это все время происходит и в природе, и у физиков в ускорителях. Ускоритель – это огромная установка, которая с помощью электромагнитных полей разгоняет потоки заряженных частиц. И сталкивает их друг с другом. Идея ускорителей состояла в том, чтобы посмотреть, как устроены частицы, разбив их ударом друг о друга, как маленький мальчик разламывает игрушку с целью поглядеть, что у нее внутри. Однако в результате столкновения элементарные частицы не разваливаются на составные части, ибо не состоят из «деталек», а превращаются в другие частицы или рождают целые гроздья новых частиц. Откуда же они берутся? А из энергии! Из той самой, которую придали исходным частицам физики, разогнав их.

Так, например, если хорошенечко разогнать навстречу друг другу два протона, то при их столкновении сами исходные протоны никуда не деваются, а при ударе рождается еще целая гроздь разных частиц. Каких? Об этом чуть ниже, а сейчас обратите внимание на то, что рождаются они как бы из ничего. Но на самом деле не из ничего, а из «лишней» энергии этих исходных протонов, из чистой скорости.

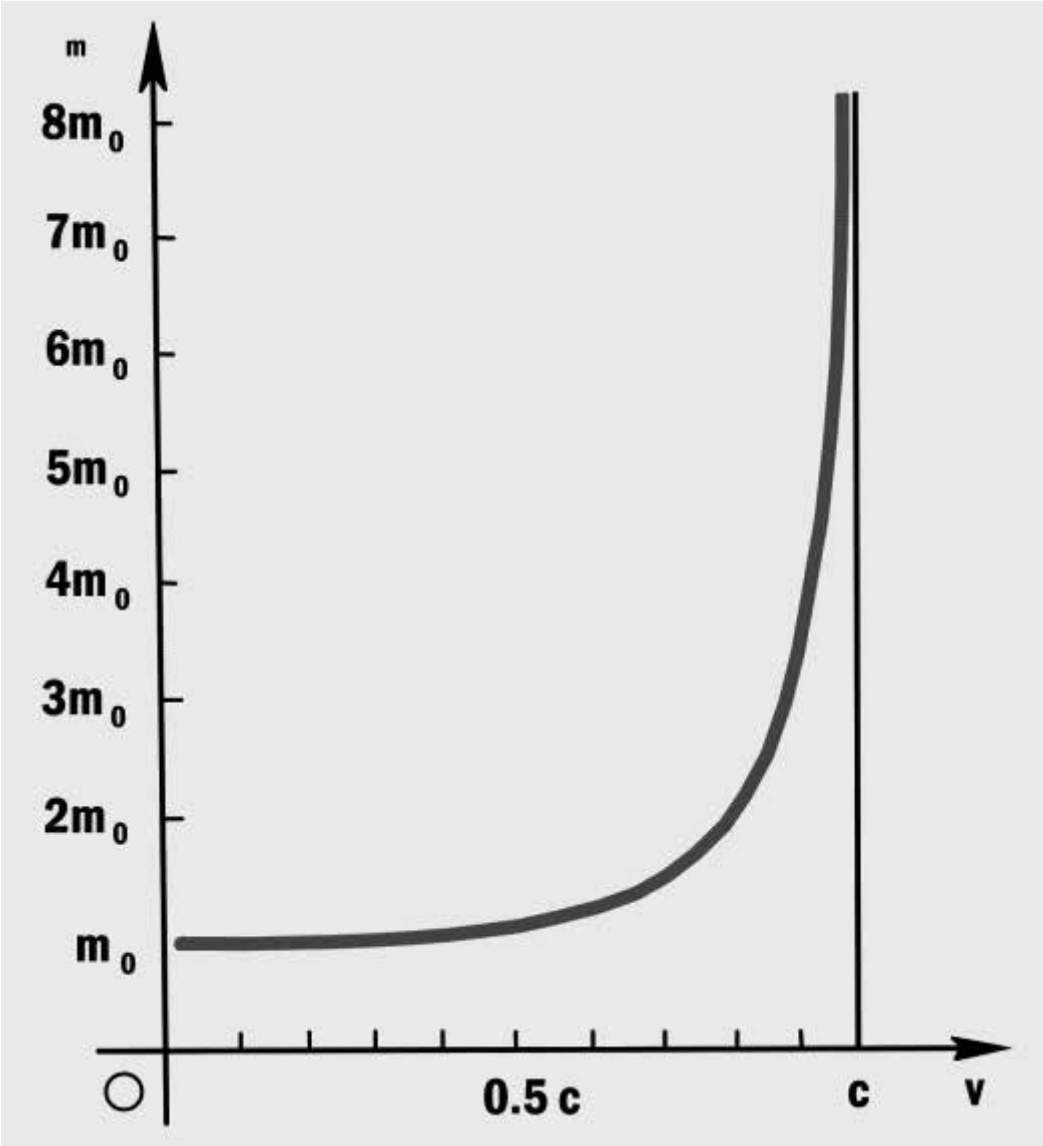
Люди хитрые и хорошо знакомые с теорией относительности Эйнштейна, могут уточнить:

– Не из скорости, а из дополнительной массы, которую им придала скорость!

А людям, с теорией относительности не знакомым, нужно кое-что пояснить. Дело в том, что теория Эйнштейна утверждает: при росте скорости любого массивного тела его масса увеличивается. Это факт.

Масса покоящегося тела – минимальна. Фотон, например, так вообще не обладает массой покоя, поэтому и может летать, как ангел, со скоростью света, а остановиться не может. Но если тело имеет массу, то мы его никогда не сможем разогнать до скорости света, потому что его масса при приближении к скорости света будет стремиться к бесконечности.

При тех скоростях, с которыми мы имеем дело в земной реальности, рост массы совершенно незаметен, но при приближении к скорости света масса начинает расти очень быстро, стремясь к бесконечности. Поэтому даже легонький электрон невозможно разогнать до скорости света: для этого не хватит энергии всей вселенной, поскольку масса электрона превысит массу всей вселенной.



Очень красивый график, который показывает, что при приближении к скорости света масса тела вырастает в разы. Здесь $м_0$ – это масса покоящегося электрона или любой другой частицы – хоть килограммовой гири

Небольшой отдельный блок об удивительной теории относительности вы можете прочитать ниже, а сейчас завершим разговор о массе-энергии и о частицах… Можно, конечно, сказать, что вещество в виде новых частиц рождается в ускорителях из «наросшей» массы сталкивающихся протонов, поскольку их разгоняют до скоростей, близких к скорости

света, и масса частиц вырастает изрядно. Но это объяснение никак не противоречит сказанному ранее, ведь рост массы происходит как раз из-за набора скорости, то есть возникает из кинетической энергии разогнанных тел. Разгоняя частицы, мы накачиваем их энергией. Таким образом энергия непосредственно превращается в массу, а эксперимент воочию демонстрирует нам эквивалентность массы и энергии. Вот вам и формальная абстракция, вот вам и и «циферки на бумажке»!..

Можно пойти в рассуждениях и дальше. Вспомним магнит. Его окружает магнитное поле. Как далеко оно простирается? И может ли оно вообще на каком-то удалении от магнита резко «оборваться»? Нет, теоретически поле уходит в бесконечность, «истончаясь» до практического нуля, но никогда этого нуля не достигая. И вокруг электрона его электрическое поле тоже тянется в бесконечность. Можно сказать, что любой крохотулечка-электрон имеет габариты размером со всю вселенную. Или что он представляет собой «стоячую волну» с пиком электрического поля в точке собственного расположения, а полевые края этой остроконечной «шляпы» уходят в бесконечность.

Еще на рубеже XIX – XX веков появилась теория, гласящая, что вся масса электрона создается его электромагнитным полем и ничем больше. Ее выдвинул английский физик Томсон. К единому мнению по данному вопросу физики так и не пришли, но учитывая, что вещество имеет двойственную, то есть и корпускулярную, и волновую природу, каждую частицу можно представить, как «полевой сгусток» или «полевой клубок», который может, проаннигилировав и потеряв массу при встрече с «антиклубком», «распуститься» в линейную нить летящего фотона.

Физические поля, друзья мои, это не кучевые облачка, окружающие заряженные частицы или предметы. Поля уходят в бесконечность и пронизывают всю вселенную. Мы живем в полях и колебаниях и сами во многом представляем собой поля и колебания. И даже там, в далеком космосе, в миллиардах и триллионах километров от любого вещества, где, казалось бы, и нет ничего, все равно что-то есть.

Что?

Физический вакуум. Обычно под словом «вакуум» понимают пустоту, так сказать, «чистое пространство», в котором нет ни веществ, ни полей. Но еще древние греки смутно догадывались, что «природа боится пустоты».

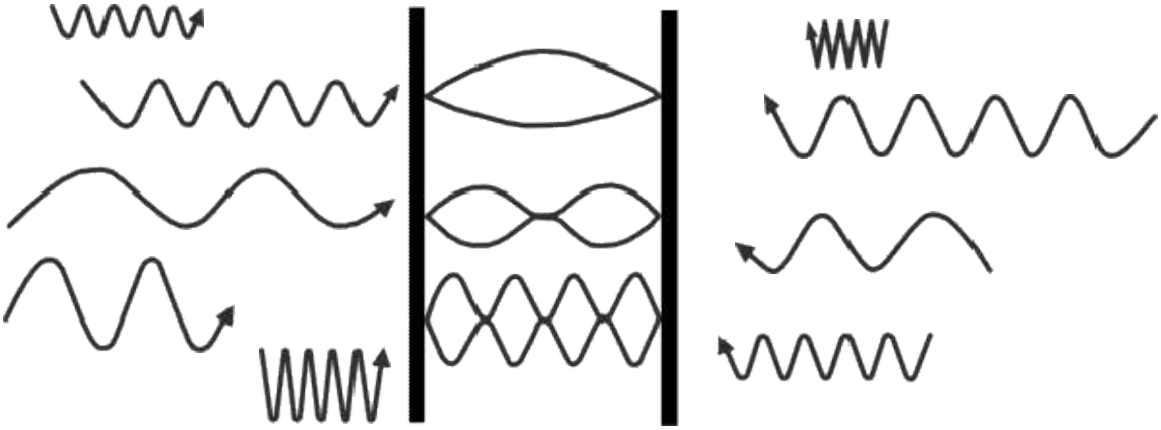
– Natura abhorret **vacuum**! – восклицали римляне вслед за греческим философом Аристотелем.

И смутные догадки древних философов квантовая физика подтвердила. По современным представлениям, пустоты действительно нет, а вакуум представляет собой вырожденную материю на нулевых энергетических уровнях. В этой «пустоте», то есть в физическом вакууме, все время происходят околонулевые колебания поля и вещества, поэтому прямо из пустоты на короткие мгновения рождаются и тут же схлопываются виртуальные пары «частица-античастица». Разрешает им рождаться принцип неопределенности. А чтобы при этом не нарушался закон сохранения массы-энергии, частицы, едва проклюнувшись из небытия, тут же снова ныряют обратно в ничто. Иначе получится, что вещество берется из ниоткуда!

Но если пары частица-античастица образуются на такой короткий срок, что их невозможно засечь никаким прибором, как проверить, происходит ли это? Есть несколько способов.

Во-первых, в момент появления их можно успеть растащить, приложив мощное внешнее поле. Чего проще: поставим две параллельные металлические пластины в вакууме, подадим на них мощный электрический потенциал – на одну «+», на другую «-». Тогда частицы, возникнув из небытия, не успеют схлопнуться обратно, а будут ухвачены «за волосы» собственного поля внешним полем и растащены. Но никакого нарушения законов сохранения при этом уже не произойдет, ведь мы заплатили деньги, подключили прибор к розетке, потратили энергию, в результате чего получили из нами же организованного внешнего поля новую массу. Все по-честному.

Во-вторых, существует так называемый эффект Казимира. Снова берем и ставим в вакууме две параллельные пластины на микронном расстоянии друг от друга. И замечаем, что они начинают притягиваться друг к другу чуть больше, чем им положено в соответствии с законом всемирного тяготения. Почему? Из рисунка ниже и подписи к нему становится ясно, почему.



Эффект Казимира. И между пластинами, и за ними вакуум «кипит» постоянно возникающими частицами и квантами полей. Но внутри пластин возможно возникновение ограниченного количества квантов – только таких, у которых между пластинами укладывалось целое число волн, а остальные там «не помещаются». А вот вне зазора возникают кванты любых частот, их там ничто не ограничивает. Значит, снаружи их вспыхивает больше и снаружи квантовое давление, соответственно, сильнее.

Наконец, третье доказательство «кипения» вакуума. В физическом вакууме все время возникают и исчезают виртуальными парами протоны и антипротоны, электроны и позитроны. А они ведь имеют свой заряд! И этот заряд из-за постоянного «кипения вакуума» постоянно присутствует вокруг реальных частиц и с ними взаимодействует, как бы экранируя реальные частицы от внешнего наблюдателя. Так вот, эта экранировка физиками была засечена приборно. Таким образом, будучи не в силах поймать сами виртуальные частицы, они засекли их наличие по косвенным признакам. Разве плохо?

И теперь современные философы, начитавшись книжек о физике, выделяют три состояния материи – вещество, поле и вакуум. Я бы даже сказал, что вакуум – это «овеществленное пространство».

Но самый большой сюрприз преподнес философам английский физик Дирак, по представлениям которого реальные частицы являются всего лишь устойчивыми возбужденными состояниями вакуума. Какое-то из них мы воспринимаем как электрон, какое-то как пи-мезон… И когда электрон, например, летит, то это не шарик летит в пустоте, где ему ничего не мешает, а перемещается волна возбуждения в первичной ткани нашего мира – вакууме. С этой точки зрения мы все состоим из пустоты, разным образом организованной.

Вот такие пироги…

Ну, а что касаемо элементарных частиц, с которых мы начали эту главу, то к настоящему времени физики обнаружили их целые сотни. И честно говоря, ничуть не обрадовались. Потому как не нужно им было столько! Весь окружающий нас мир создан всего из трех частиц. Ну, еще нам пригодятся кусочки света – фотоны. А остальное-то на кой черт напрыгало из закромов природы?

? Для чего природе понадобились эти сотни частиц, которые мы засекаем на ускорителях?

Просто безумное какое-то количество! С разными свойствами… Например, разница в массах у частиц может достигать 600 миллиардов! То есть самые тяжелые в 600 миллиардов раз тяжелее самых легких. К чему такое безумное разнообразие?

Правда, почти все эти новоявленные сотни частиц весьма короткоживущие, они существуют ничтожные доли секунды, после чего распадаются на более стабильные и уже знакомые нам частицы. Поэтому лично я, честно говоря, в силу недолговечности этих частиц вообще отказал бы им в громком наименовании «частицы», а обозвал скорее переходными процессами, то есть самим моментом превращения сталкивающихся в ускорителе протонов во что-то другое. В природе не бывает мгновенных процессов, все процессы занимают какое-то время, вот и те треки, которые опознаются физиками как короткоживущие частицы, я бы назвал «реакциями». Впрочем, физики называют эти короткоживущие штучки отдаленно схожим словом – «резонансы». И вообще сейчас они заняты тем, что составляют для обнаруженных сотен частиц классификацию, своего рода «таблицу Менделеева» для элементарных частиц.

Пожелаем им в этом успехов.

Относительно относительности.

Теория относительности Эйнштейна – наиболее известная широкой публике физическая теория. Хотя она не самая странная и не самая сложная. Квантовая механика и посложнее, и постраннее будет. Но именно про теорию относительности в общих чертах имеют представление почти все от мала до велика. Сейчас это представление поимеете и вы, вне зависимости от того, малый вы или великий…

По-хорошему про данную теорию нужно писать отдельную книгу – со схемами и графиками, но нам сейчас придется ограничиться только отдельными выводами из теории относительности. Они весьма нетривиальны.

Эйнштейн показал, что при приближении к скорости света масса тела растет (об этом мы уже знаем), линейные размеры тела сокращаются (оно становится короче), а время для него замедляется. Что означает последний факт? Он означает, что все процессы для этого тела текут медленнее – при взгляде со стороны, разумеется. Так, если на звездолете, передвигающемся с околосветовой скоростью, проходит минута, то на Земле могут пройти годы или даже столетия.

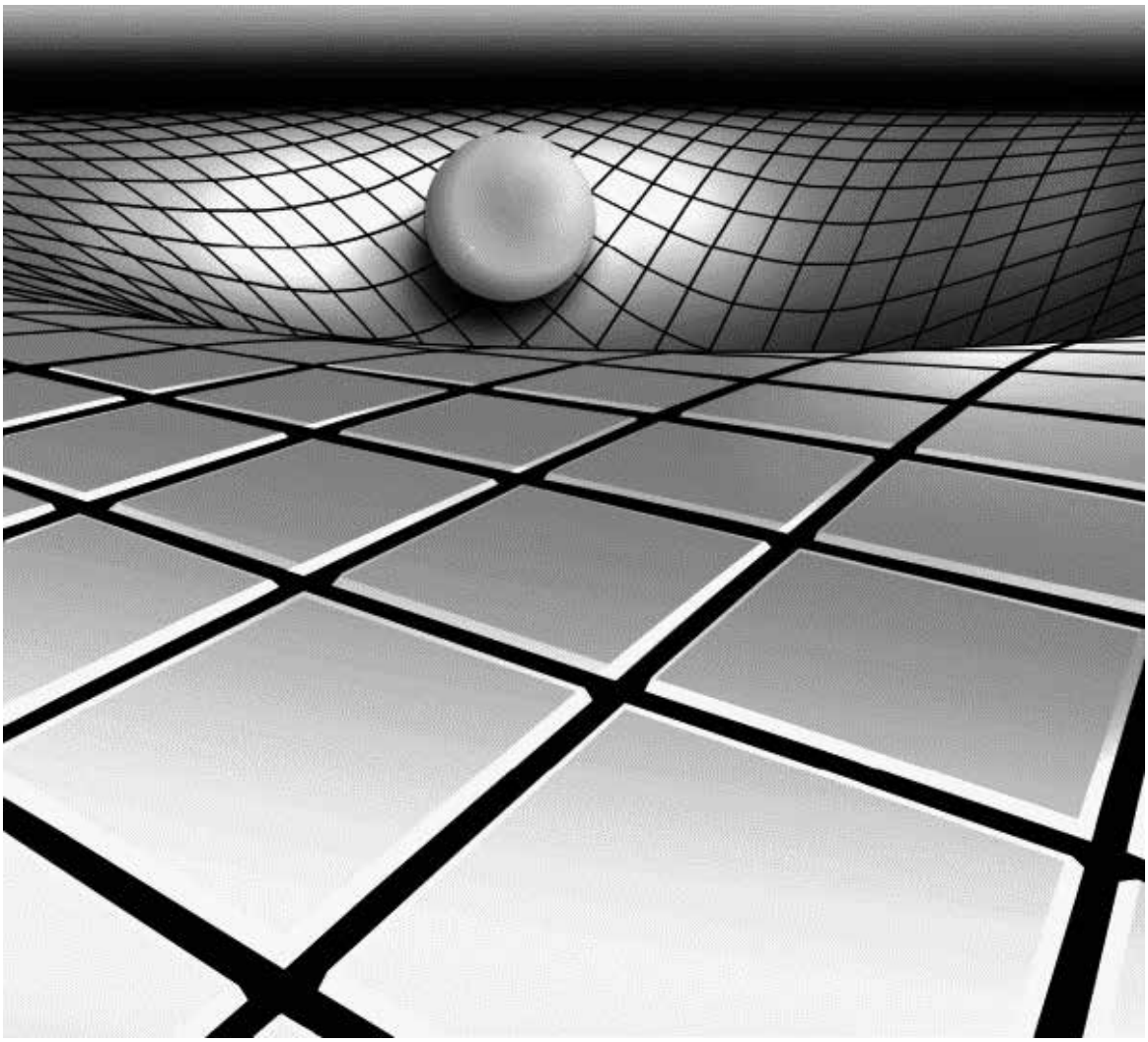
Но это еще не все странности. Эйнштейн трактует гравитацию как искривление пространства и замедление времени. Иными словами, то, что мы принимаем за тяготение, то есть стремление тел притянуться к Земле, есть просто побочный эффект кривого пространства. Наиболее наглядная картинка, которую можно вообразить, чтобы это понять, такова.

Представьте себе ровно натянутую и разлинованную в клеточку резиновую поверхность – это пространство без гравитирующих масс. Все линии и углы тут прямые. Мы имеем модель двумерной поверхности, то есть плоскость – на плоскости есть только ширина и длина, но нет высоты. Невесомый шарик (фотон) будет катиться по этому прямому плоскому пространству прямолинейно. Такое прямое пространство называется эвклидовым в честь греческого геометра Эвклида.

Если теперь на эту плоскость положить массивный шар в виде тяжелой планетки, резиновая поверхность прогнется. Нарисованные на поверхности линии и углы растянутся и искривятся, причем чем ближе к шару, тем больше. И если снова запустить по этой резине какой-нибудь маленький пробный шарик, прямая траектория его движения неподалеку от тяжелого шара изогнется вслед за изогнутой поверхностью резины, а если скорость шарика невелика, он может вообще скатиться в прогнутую большим шаром ямку. Как бы притянется к нему. Но это «притяжение» лишь есть следствие изогнутости нашего двумерного пространства.

То же самое происходит и с нашим трехмерным пространством, просто его искривление представить себе не так просто, как искривление двумерной поверхности, то есть плоскости.

Таким образом, каждая масса в нашем мире, начиная от самых легких частиц до самых тяжелых звезд и галактик, формирует вокруг себя искривление пространства, которое перестает быть прямым, эвклидовым.



Искривленное двумерное (плоское) пространство, двигаясь по которому пробный шарик попадает в яму изогнутого пространства.

Но это еще не все хитрости старика Эйнштейна. По его теории, масса не только искривляет вокруг себя пространство, но еще и замедляет вблизи себя время, и чем больше масса - тем больше.

Соответственно, возле Солнца время течет немного медленнее, чем около Земли.

Несмотря на все эти совершенно неочевидные вещи, теория Эйнштейна прошла все возможные экспериментальные проверки, и эффекты искривления пространства и замедления времени были зафиксированы приборно. Теория была блистательно доказана!.. Конечно, для тех масс, с которыми мы обычно имеем дело и на которых живем (Земля), эффект искривления пространства и времени слаб, но при должном старании ловится. А уж тут физики постарались, уверяю вас! И потому сегодня теория относительности является одной из главных и самых прекрасных драгоценностей в сокровищнице физической науки. Периодически взволнованные физики берут эту теорию дрожащими ручонками и, не отрывая глаз, тихо вздыхают, любуясь ею, будучи не в силах перенести восхищения.

Как физики от реальности отказались.

Физика отличается от математики тем, что описывает не голые цифровые абстракции, а конкретный мир, хотя и с помощью математики. За математическими формулами в физике всегда стоит какая-то реальность, и если формулы эту реальность описывают неправильно, значит теория не верна, нужно подобрать другие формулы. Или даже не подобрать, а вывести, построив у себя в голове некую наглядную модель того, как происходят физические процессы – течет вода, летит тело под действием силы тяжести, нагревается тело, преломляется луч. Если выведенная формула соответствует результатам экспериментов, значит, наглядная модель, возникшая в голове теоретика, соответствует действительности – по крайне мере до определенных пределов.

Однако все было так только до начала XX века, поскольку ранее физика занималась изучением в основном макромира, а потом перешла к изучению микромира. И вот в физике микромира наглядность начала пропадать. Представить себе частицу в виде маленького шарика – легко. Представить себе волну – тоже не сложно. А вот как представить себе волно-частицу? Как представить, что один электрон прошел одновременно через две щели? Как представить себе виртуальный квант или возбужденный вакуум?..

В нашем макромире подобных объектов нет. В этом и состоит проблема современной физики: человек есть животное, приспособленное к жизни в мире твердых тел, то есть в макромире. То, к чему мы привыкаем с детства, живя в этом мире твердых тел, мы и считаем наглядным, то есть понятным. Наглядность есть функция привычки, не более. А проникновение силою ума в микромир лишило физиков наглядных картинок, оставив в их инструментарии только абстрактное мышление и чистую математику. У нас нет и не может быть представлений о микромире: наше тело заточено под выживание в макромире.

Но так больно было расставаться с наглядностью! Так трудно было расставаться с привычным и естественным! Например, для нас совершенно естественно, что параллельные линии не пересекаются. Однако для нас это естественно только потому, что мы привыкли жить в так называемом эвклидовом пространстве, где работает привычная

школьная геометрия. Однако физики уже оперируют и другими геометриями – геометриями искривленных пространств, в которых параллельные вполне себе пересекаются.

– Физика изучает мир и потому не может обойтись без наглядности, – считали физики старой школы. – Ведь за формулами всегда стоит какая-то реальность! Нужно просто придумать такие модели, которые бы реальность адекватно описывали и давали возможность ее понять не только на уровне формул. Вот мы же может формулами описать сжатие пружины или полет пули, и можем эти процессы наглядно себе представить. Давайте же найдем такие наглядные модели, которые бы давали наглядное представление о событиях в микромире.

– А это невозможно, – жестко возражало новое, молодое поколение физиков. – Как можно представить себе «вектор состояния» или «волновую функцию»? Придется вам теперь обходиться только формулами! Хе-хе.

– Какие же вы все-таки мерзкие! – обижались старички. – Ведь быть такого не может, чтобы природа сама о себе чего-то не знала. Скорее всего это мы о ней чего-то еще не успели узнать, раскрыть каких-то ее секретов, поэтому нам и кажется, что в природе микромира царят случайность и неопределенность и что летящий электрон находится одновременно во всех точках пространства. А на самом деле – он где-то в одном месте. Просто нужно дальше изучать мир и постичь наконец скрытую пока еще от нас реальность. Потому как то, что получается из формул, просто противоречит интуиции!

– Да нет никакой скрытой реальности, дедки! – цинично смеялось над физиками старого поколения поколение молодое. И называло стремление стариков к наглядности «наивным реализмом». – А что касается интуиции, то она всего лишь порождение макромира и наших чувств, завязанных на макромир, забудьте про нее.

И вы уже знаете, что среди обиженных дедков были такие зубры, такие столпы физики, как Планк, де Бройль и Эйнштейн, которые сами стояли у истоков мировоззренческой катастрофы. Эти люди растерянно пытались найти хоть какие-то наглядные модели, чтобы описать корпускулярно-волновой дуализм и прочие чудеса микромира. А новое поколение только рукой махало, даже не пытаясь найти каких-то картинок, довольствуясь только формулами.

Об этом драматичном споре один из физиков новой волны – Макс Борн высказался так: «Нашу полемику нельзя назвать чисто научной дискуссией. Скорее, она напоминала религиозные споры времен Реформации. Так что надежд на примирение мало». И в общем, был прав. Мировоззренческая катастрофа была такой, что кое-кто из физиков на этой почве даже увлекся древнеиндийской философией, как это сделал, например, Эрвин Шредингер.

Усугубило катастрофу и то обстоятельство, что физике пришлось отказаться не только от концепции физической реальности, но и от концепции объективности! Раньше считалось, что есть объективный мир и есть субъект, то есть человек, который этот мир изучает. Объективность же мира в том и заключается, что он от субъекта никак не зависит. Он просто существует, вне зависимости от того, изучаем мы его или нет и кто этим занимается – Иванов, Петров или Сидорчук. Законы природы от нас не зависят, мы их просто познаем…

Но законы микромира оказались столь странными, что в них

наблюдение субъекта за реальностью очень даже влияло на реальность! Объективная реальность оказалась зависящей от субъекта!

Вот пример.

Двухщелевой эксперимент с электроном, который пролетает в две щели и рисует на экране интерференционную картину. Итак, один электрон пролетел в две щели. «А может, все-таки в одну?» – с надеждой вопрошали физики-классики. Что ж, можно проверить. Можно неподалеку от одной из щелей поставить регистратор, который будет засекать, пролетел в эту щель электрон или нет. Если регистратор электрон засечет – значит, он действительно пролетел в эту щель. А если не засечет – значит в другую!

Ну, и что же вы думаете? Как только ставят регистратор, как только начинают проводить наблюдение, так электрон и вправду начинает пролетать только в одну щель – либо в эту, либо в соседнюю. Но при этом интерференционная картинка на экране исчезает!

Интерференция исчезает, когда электрон «узнает», что мы за ним наблюдаем, вот в чем проблема. Электрон начинает вести себя, как обычная частица. А когда не наблюдаем (выключаем прибор регистрации), он снова ведет себя, как волна, и картинка сложения волн на экране возникает снова.

Как неожиданно…

И одна из главных физических формул микромира, которая описывает так называемый «вектор состояния», она ведь описывает математическими значками не только само состояние изучаемой квантовой системы, но и наши знания о ней. Они включены в формулу. Ну, разве могли физики старой школы так легко с этим смириться?

А уж когда физики-теоретики стали изучать вакуум и самые мелкие структуры бытия, последние остатки наглядности в виде мысленных картинок или рисунков растворились и остались одни сплошные формулы.

Что поделаешь, миром руководит математика!

Глава 3
Откуда берется время

Те, кто не поленился и прочитал информационный блок о теории относительности, наверняка остался впечатлен фокусами со временем. Как это так – время замедляется при росте скорости?! Что это означает? А это означает, что все процессы в месте замедления времени идут медленнее.

– Но позвольте! – скажет умный человек в круглых очках. – Если все процессы идут медленнее, и часы в том числе, то откуда мы знаем, что время замедлилось? Мы этого просто не заметим, ведь замедлились все процессы!

Верно. Внутри такой системы, в которой замедлилось время, никто ничего не заметит. Это будет заметно только снаружи. Ведь все познается в сравнении! Размеры предметов измеряются методом сравнения их с линейкой, временны**е** промежутки – путем сравнения их с промежутками времени, отмеряемыми часами. А если не с чем сравнивать, то как узнаешь?

Поэтому о замедлении времени в какой-то системе может судить только внешний наблюдатель, находящийся вне этой системы. Вот он как раз и может сказать:

– Ой! А у вас часы идут медленнее. И стареете вы как-то медленнее, чем я. И двигаетесь. И думаете. Вы, наверное, тормоз!

В общем, теория относительности показала, что относительны не только масса и

пространство, но и время: масса тела с увеличением скорости растет, линейные размеры тела (то есть само пространство) сокращается, а время замедляется.

? Но что такое время?

Немало философов ломало голову о природе времени. Физики ньютоновской эпохи полагали: вот есть материя, из которой сделано все; есть пространство как вместилище всех вещей; и есть время как мера длительности происходящих процессов. Материя – это актеры, сцена – это пространство, а длительность спектакля – это время. Причем пространство и время останутся, даже если из мира убрать материю.

Современная физика полагает иначе: есть только квантовое сущее, которое проявляет себя в трех ипостасях – как материя, пространство и время. Есть бескрайний океан вакуума, в котором все происходит и волнения которого мы воспринимаем как вещество и поле.

На бытовом уровне с веществом все понятно. Мы и сами вещество и имеем дело с веществом всю жизнь. С пространством тоже нет непоняток – если далеко, то лучше лететь на самолете: он быстрее перемещается в этом самом пространстве. И вообще, если бы не пространство, где бы тогда помещалось вещество? Тут у нас непонимания нет. Все очень просто.

А вот время…

Оно – что? Как его пощупать? Можно ли его выделить в некую отдельность? Почему люди говорят о стреле времени, о том, что оно проходит безвозвратно, и что прошлого не вернуть?

Я вам на эти вопросы отвечу сразу: никакого «отдельного» от материи времени нет. Есть только происходящие процессы.

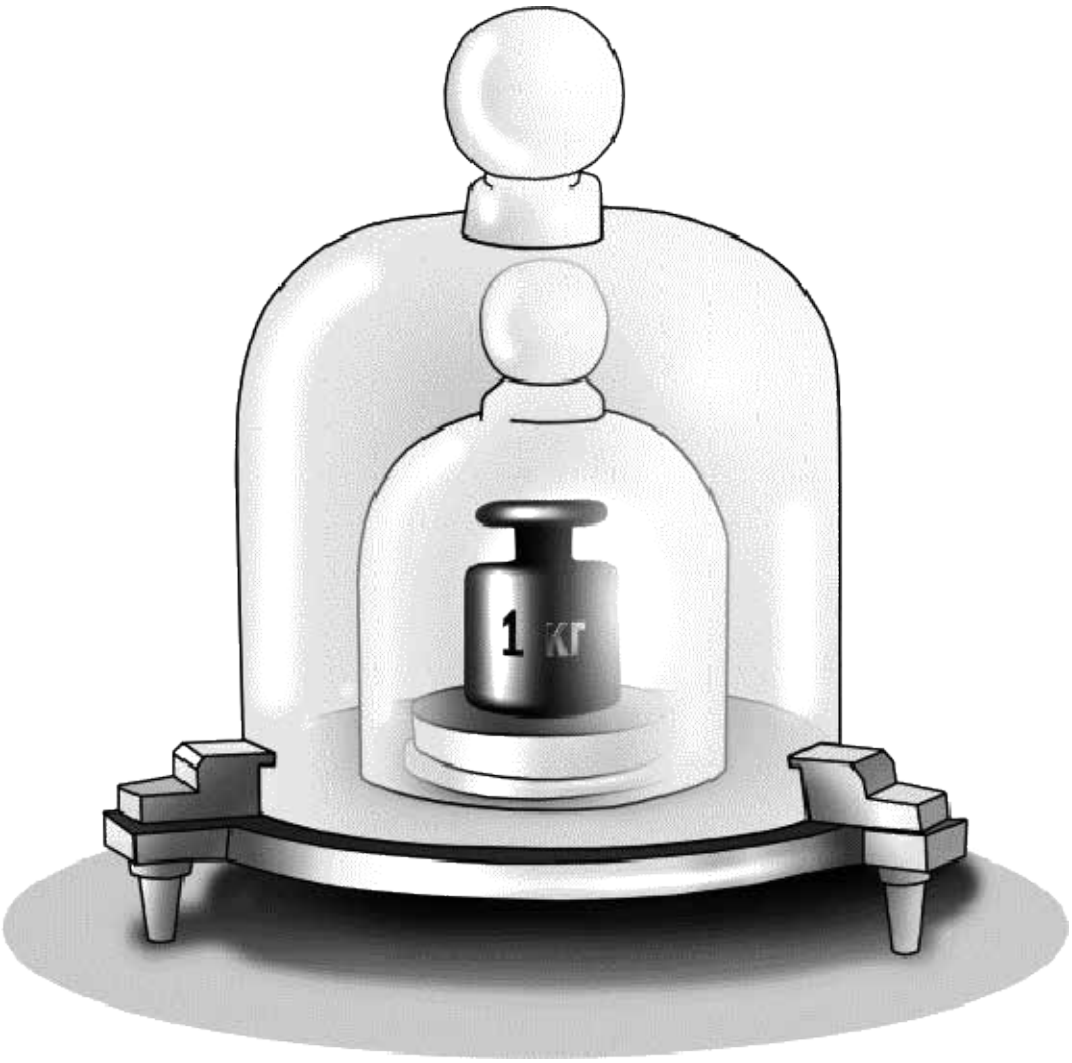
Мы говорим о наличии времени только тогда, когда происходят события. Нет событий – нет времени.

Столкнулись позитрон с электроном, превратившись в кванты электромагнитного излучения – это событие. Каркнула ворона – это событие. Умер человек – это событие. Поскольку в мире все время что-то происходит, мы и говорим о наличии времени.

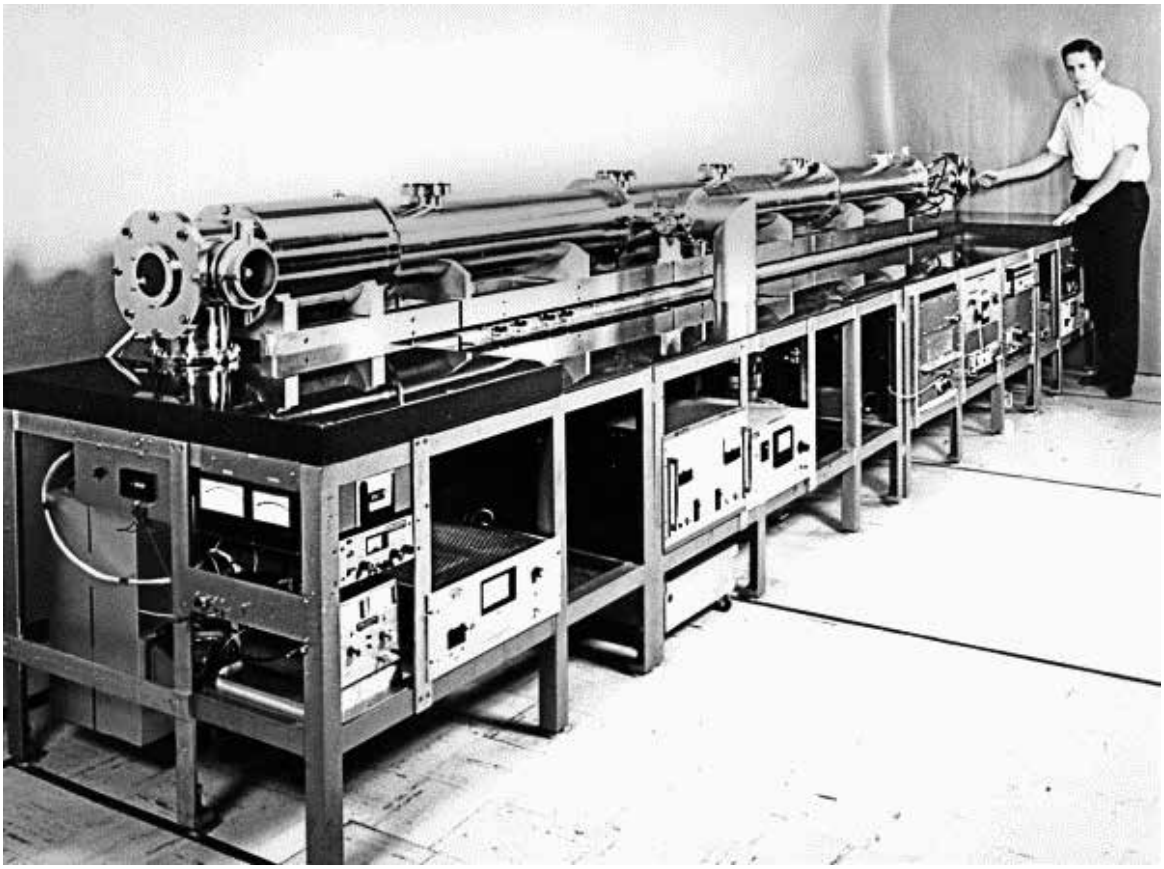
Время, как и массу, как и расстояние, мы отсчитываем по калиброванным отрезкам. Мы договорились: вот такой вот отрезок пространства считать метром, вот такой вот кусок массы – килограммом, а вот такой отрезок времени – секундой. Эталоны метра и килограмма хранятся в парижской Палате мер и весов. Эталонный метр сделан из твердого и почти не подверженного температурным расширениям платино-иридиевого сплава. Эталон килограмма сделан из того же материала и представляет собой цилиндр высотой и диаметром в 39 мм.

А вот секунду в Палату мер и весов не положишь. Ее эталон овеществлен в особо точных атомных часах – чертовски сложном приборе, в котором используются неизменные природные процессы – электромагнитные колебания возбужденного атома цезия, например.

Эталонные метры имеют в сечении сложную форму. Это чтобы не гнулись!



Эталонный килограмм накрыт колпаками, чтобы уменьшить все воздействия, включая оседающую пыль.



Атомные часы

В быту для измерения времени нами используются приборы попроще – обычные механические или электронные часы, которые из-за их примитивности все время приходится подстраивать под сигналы точного времени. А некоторые электронные наручные часы уже умеют ловить сигналы точного времени, передающиеся по радио, и сами подстраиваются.

Мы смотрим на круговое движение стрелок и так определяем время. Раньше люди измеряли время по течению песка в песочных часах или воды в водяных, по движению тени в солнечных часах. В общем, всегда люди отмеряют время по какому-то равномерному движению.

Потому что времени, как отдельной субстанции нет, есть только движение материальных объектов в пространстве, которое мы и воспринимаем, как время.

– Но если времени нет, почему тогда у времени есть свойства? – спросит тот же умник в круглых очках. – Такое, например, свойство, как однонаправленность. В пространстве можно перемещаться во все стороны. А во времени – только в будущее.

Верное замечание. Но что мы понимаем под однонаправленностью времени? Что значит «нельзя переместиться в прошлое»?

А это значит, что нельзя стать моложе, например. Мы все своим чередом идем от детства через юность и молодость к зрелости и старости. И остановить этот процесс не можем. Если стакан разбился, мы не можем вернуться в прошлое и переставить его от края стола подальше. Если у нас кончились деньги или другие ресурсы, мы не можем вернуться в прошлое, когда они у нас еще были, и перепланировать траты.

? Почему в пространстве путешествовать можно, а во времени нельзя?

Да потому и нельзя, что пространство есть, а времени нет – не в чем путешествовать! Мы видим, как перемещаются в пространстве предметы – вот и вся иллюзия времени.

Хотите попасть в «прошлое», просто переместите все предметы, все поля, все частицы в мире в то положение, которое они в прошлом занимали, и задайте им те скорости, которые они имели тогда – вот и все. Можно это сделать?

Нельзя.

Потому что стакан уже разбился, а мы состарились – и не можем повернуть эти процессы вспять. Вот в этом и заключается весь фокус: не время необратимо! Необратимы некоторые физические процессы – вот в чем кажущийся феномен необратимости времени.

Мы не можем повернуть вспять некоторые формы движения материи.

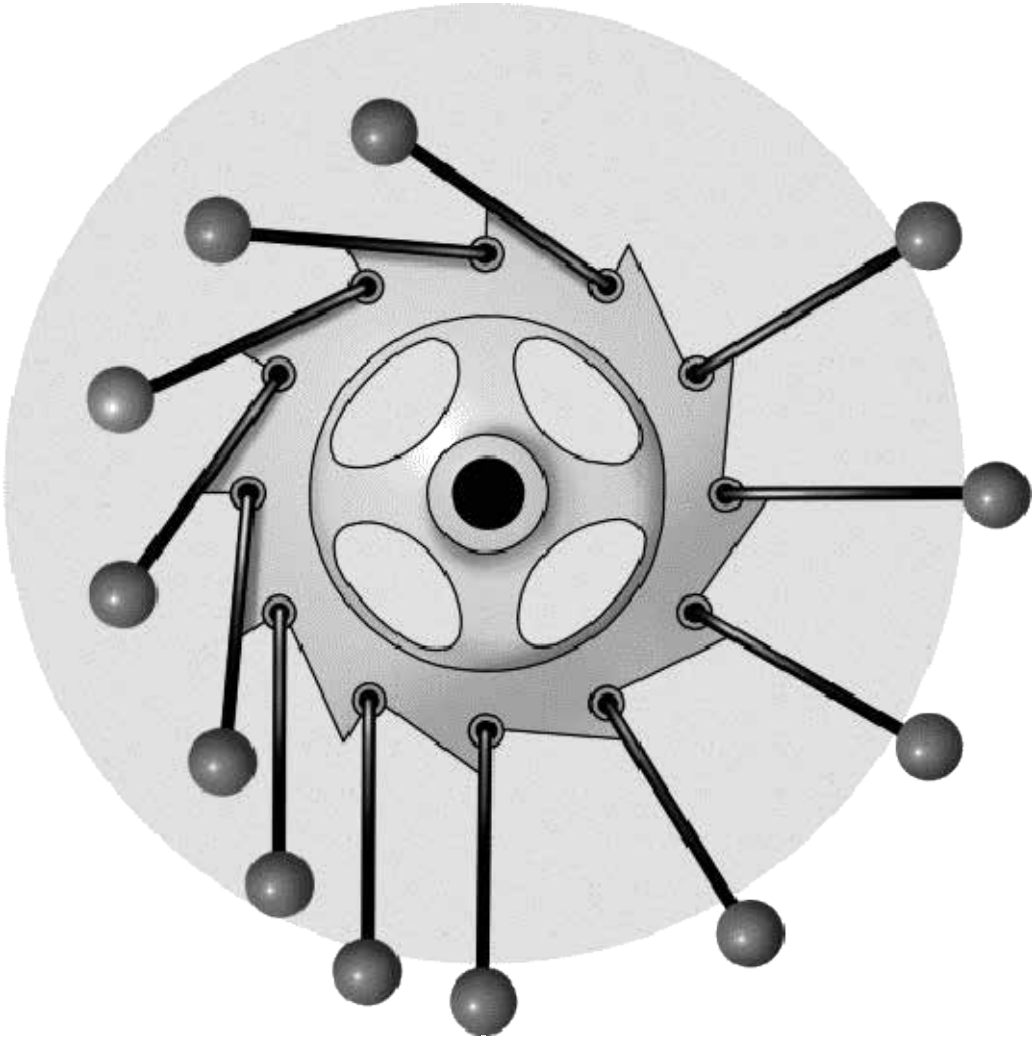
Мы не может омолодиться. Мы не можем потраченную из батарейки карманного фонарика энергию вернуть обратно, потому что она уже превратилась в свет и тепло – и фотоны излучения безвозвратно рассеялись в пространстве. Как их теперь собрать по квантам во вселенной и засунуть обратно в батарейку? Да никак! Поэтому время, точнее, большинство процессов движения необратимы.

Причем с точки зрения физики они необратимы принципиально! И отсюда вытекает много следствий – например, невозможность создания вечного двигателя второго рода, то есть такого двигателя, который бы преобразовывал зряшное тепло в полезную работу.

Непонятно?

Что ж, придется поговорить про вечные двигатели. Это будет крайне занимательная и весьма поучительная беседа!

Эта идея – сделать вечно крутящееся колесо – занимала человечество сотнями лет. Еще древние… нет, на сей раз не греки, а индусы мечтали построить такую штуку, чтобы она крутилась вечно и сама по себе. Однако самый пик изобретательства пришелся на европейское Средневековье и эпоху Возрождения. Тогда как раз вовсю строились мельницы, вот европейские механики и задумались: а нельзя ли такое приспособление соорудить, чтобы никакой внешний привод – ни от течения реки, ни от ветра – не был ему нужен. Ведь не везде есть ручьи и речки, не везде дуют постоянные ветра. Как хорошо было бы – построил, запустил один раз такое колесо, присоединил к нему мельничные жернова для помола муки, и оно само крутится. «Перпетуум мобиле» – вечное движение на латыни.



Вот один из самых известных проектов вечного двигателя. «Раз справа шарики расположены дальше от центра колеса, то по закону рычага они будут сильнее давить вниз, чем шарики слева, находящиеся ближе к оси. И колесо начнет безостановочно крутиться!» – рассуждал изобретатель. Однако на деле никакого вечного кручения не будет, поскольку хоть левые шарики и ближе к оси, то есть давят вниз с меньшей силой, зато их там больше.

Наивные были люди! Это мы с вами сегодня умные, это нам с вами понятно, что халявы в мире не бывает, за все надо платить – в физике сей бытовой принцип носит название закона сохранения массы-энергии. А сотни лет назад тысячи изобретателей всерьез пытались получить патент на создание вечного двигателя.

Засилье этих идиотских проектов так утомило ученый мир, что Парижская академия наук еще в конце XVIII века приняла решение не рассматривать больше проекты вечных двигателей.

Потому что вечный двигатель невозможен! Его существование противоречит закону сохранения энергии. И баста.

Но это изобретателей не остановило. С течением времени они придумывали все более сложные конструкции, а с наступлением эпохи паровых машин начали проектировать вечные двигатели второго рода. Что это значит? Объясню…

Вечными двигателями первого рода называют механические устройства, которые, по замыслу изобретателя, должны работать вечно. Типа того колеса, что на рисунке.

Вечные двигатели второго рода – это тепловые машины, которые умеют превращать в полезную работу окружающее нас тепло. Это требует некоторого пояснения. Но сначала давайте вместе немного порассуждаем о вечных двигателях в принципе.

Допустим, что вечный двигатель возможен. Придумали мы такое колесо или конструкцию, которая может вечно крутиться. В конце концов, природа знает примеры «вечного движения» – Земля крутится вокруг своей оси и вокруг Солнца миллиарды лет и даже не думает останавливаться! Чем не вечный двигатель? Более того, законы механики гласят, что любое тело, если на него не действуют никакие силы, будет либо покоиться, либо двигаться равномерно и прямолинейно. И даже не всегда прямолинейно, как мы видим на примере кружащейся вокруг Солнца Земли. Так чего ж ученые морочат нам голову, будто вечное движение невозможно? Возможно!

Вечное движение, конечно, возможно. Более того, движение из вселенной устранить никак нельзя, оно от природы присуще материи, которая только и существует в движении. И самый простой вечный двигатель – обычное колесо на оси. Если его раскрутить хорошенько, то есть придать ему энергию, то теоретически колесо будет крутиться вечно, как и наша планета. Потому что существует закон сохранения энергии, и коль уж мы энергию к телу приложили, бесследно никуда она исчезнуть не может – колесо обязано крутиться вечно!

Но мы знаем из опыта, что оно крутиться вечно не будет, а вскоре остановится. Значит, какие-то силы на колесо все же действуют, а энергия, запасенная нами, куда-то утекает, как вода из худого ведра.

Что за паразитные силы такие действуют на наше колесо? Да обычные силы трения! То есть силы сопротивления движению. Колесо трется об ось, постепенно стачивая ее и нагревая. Потрите сильно-сильно ладони друг о друга, они нагреются и покраснеют. Вот вам типичный пример действия трения – ваша механическая энергия переходит в дурное тепло. А еще колесо трется о воздух, нагревая его и гоняя ветер. Поэтому самолеты и автомобили стараются сделать более обтекаемыми, чтобы на сопротивление воздушным потокам не пришлось тратить лишнее топливо. А движущиеся детали – колеса и шестерни – сажают на специальные подшипники и смазывают, чтобы уменьшить потери энергии на трение.

Ну, а если бы наше гипотетическое раскрученное колесо вращалось без всякой оси и в космосе, где нет воздуха? Тогда бы оно вращалось вечно, как вращаются планеты.

О-кей. Допустим, нам удалось создать идеальный подшипник без трения, поместить колесо в вакуумную камеру и как-то его там раскрутить – тогда у нас получится вечный двигатель. Но очень глупый! Потому что ведь нам нужно не само по себе вечное движение, а полезная работа! Что мы будем делать с этим вечным двигателем? Глазеть на него, моргая?

Как только мы присоединим к этому вечному колесу какую-нибудь ось с жерновом и заставим молоть зерно, то есть будем наше колесо активно тормозить работой, так оно тут же и затормозится! И нам снова придется его раскручивать, преодолевая сопротивление. Не проще ли тогда крутить жернов вручную? На фига промежуточное колесо-то?

Работающий механизм не может добывать энергию «из ниоткуда».

Жизнь так сложилась, что если нужна полезная работа, то необходимо где-то добывать для нее энергию. Или хорошенько покушать и самим крутить, или пусть ветер крутит мельницу, или пусть река крутит турбину электростанции. А еще много скрытой энергии содержится в топливе. Если его сжечь, получится куча тепла, с его помощью можно нагреть воду в котле, превратив ее в пар, а уже сжатый пар может толкать поршень или крутить какой-нибудь агрегат. Именно это и происходит на тепловых электростанциях, где перегретый пар крутит ротор электрогенератора.

Но потом, когда топливо сгорит, все выделенное им тепло, вылетев в трубу, рассеется в пространстве. И тепло от трения тоже рассеется в пространстве. И вообще любая-любая работа, которую мы производим, в конечном итоге сводится только к одному – к безвозвратной потере энергии в виде рассеянного тепла. Такова природа: все высокоорганизованные виды энергии (механическая, электрическая, кинетическая) в конце концов превращаются в низкоорганизованное бросовое тепло.

– А нельзя ли его обратно собрать из окружающей среды? Тогда получится вечный двигатель второго рода! Мы не нарушим закон сохранения энергии, ведь мы не будем брать энергию из ничего. Мы просто соберем ту энергию, что уже рассеялась, и заново заставим работать! – задумались изобретатели. И начали конструировать разные фантастические проекты. Вся суть которых в конечном счете сводилась к сбору рассеянного тепла из окружающей среды с целью его концентрации (нагрева чего-то конкретного) для совершения в последующем полезной работы.

Однако строгие физики каждый раз указывают таким вот горе-изобретателям:

– Ребята! Принципиально невозможно тепло от более холодного тела передать более горячему, сделав его еще горячее. Тепло может переходить только от горячего к холодному, а не наоборот!

Почему это так, мы скоро поймем, а пока послушаем дальше физиков:

– Для совершения любой работы нужна разность потенциалов, разность энергий. Это может быть разность электрических потенциалов в электротехнике. Или разность потенциальной энергии тел, находящихся на разной высоте – например, поднятая над уровнем пола гиря в часах с кукушкой имеет больше энергии, чем та же гиря на полу. Или текущая сверху вода – за счет разницы высот она может крутить турбину или водяное колесо. А если разницы высот и, соответственно, течения нет, колесо не будет крутиться. Точно так же и с тепловыми машинами – там вся полезная энергия добывается из разницы температур между горячим телом (например, горящим топливом) и холодной окружающей средой.

Если нет разницы потенциалов (электрических, температурных или высотных), будет полный покой и никакого движения, способного совершить полезную работу. Нужен поток! Поток энергии (электронов в виде тока, текущей воды, передающегося от горячего тела к холодному тепла). Нет потока – нет работы.

А передача тепла от холодного тела к горячему так же невероятна, как вода, сама по себе текущая в гору! Поэтому вечный двигатель второго рода и невозможен. Да, вокруг нас полно паразитного тепла – оно и в воздухе, и в воде, но попробуй его собери! Попробуй-ка организуй «кучку тепла», из которой потом можно будет организовать обратный поток в окружающую среду для пользы дела.

Представьте себе большой баллон с газом, разделенный пополам перегородкой. В левой половинке баллона у нас газ под большим давление, а в правой половинке – под малым. Температура газа одинакова. Это значит, что скорости молекул в обеих частях одинаковы, просто слева (где высокое давление) молекул больше и их пробег между соударениями короче.

Разница потенциалов налицо – с одной стороны высокое давление, с другой низкое! Что теперь произойдет, если мы уберем заслонку между половинками баллона или откроем на ней какой-нибудь вентиль?

Давление выровняется. И в обеих частях баллона будет мельтешить одинаковое количество молекул.

Пока давление выравнивается, мы можем поставить под дутье турбинку и получить кручение – полезную работу. А вот когда давление выровняется, турбинка крутиться перестанет.

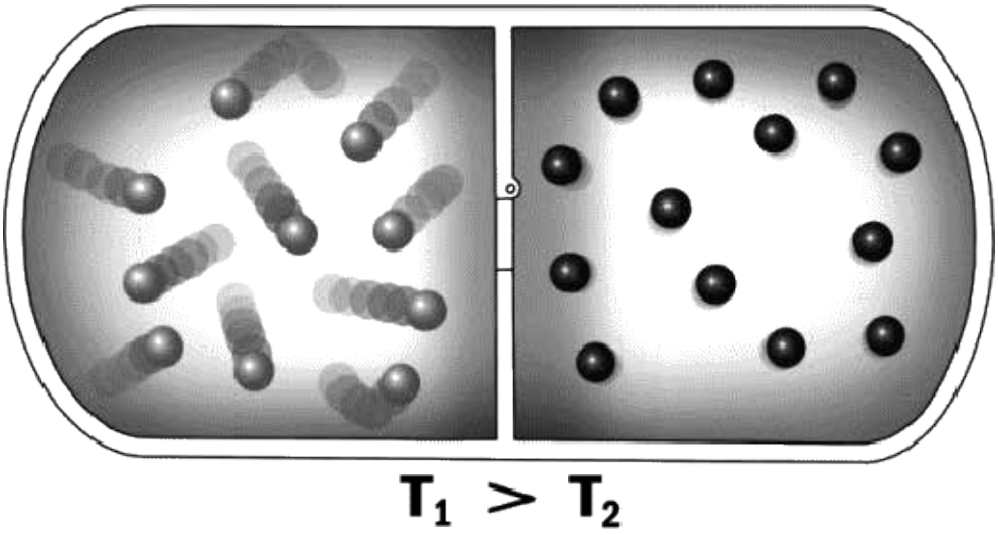
Может ли так случиться, что миллиарды и триллионы молекул газа в баллоне вдруг сами по себе совершенно случайно соберутся в одной части баллона? Да нет конечно! Чисто статистически это практически невероятно! Они ведь движутся хаотически и все в разные стороны!

Теперь представим другую ситуацию. Тот же баллон, только теперь в левой части газ нагретый, а в правой – холодный. Убираем перегородку, и что происходит? Энергичные и быстрые («горячие») молекулы из левой части начинают сталкиваться с «холодными», то есть медленными молекулами из правой части, подталкивая и подгоняя их. А сами при этом будут свою скорость терять. И в результате через некоторое время скорости молекул

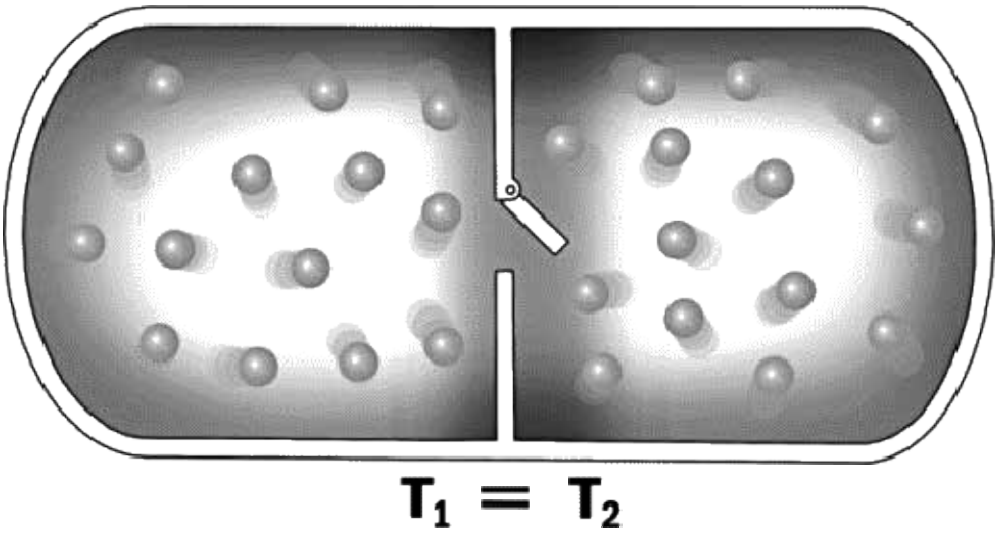
усреднятся.

Может теперь так случиться, что миллиарды и триллионы молекул газа вдруг как-нибудь сами по себе совершенно случайно разделятся на две группы – очень быстрых и очень медленных? Да нет конечно! Это практически невероятно! Они ведь движутся хаотически и все в разные стороны!

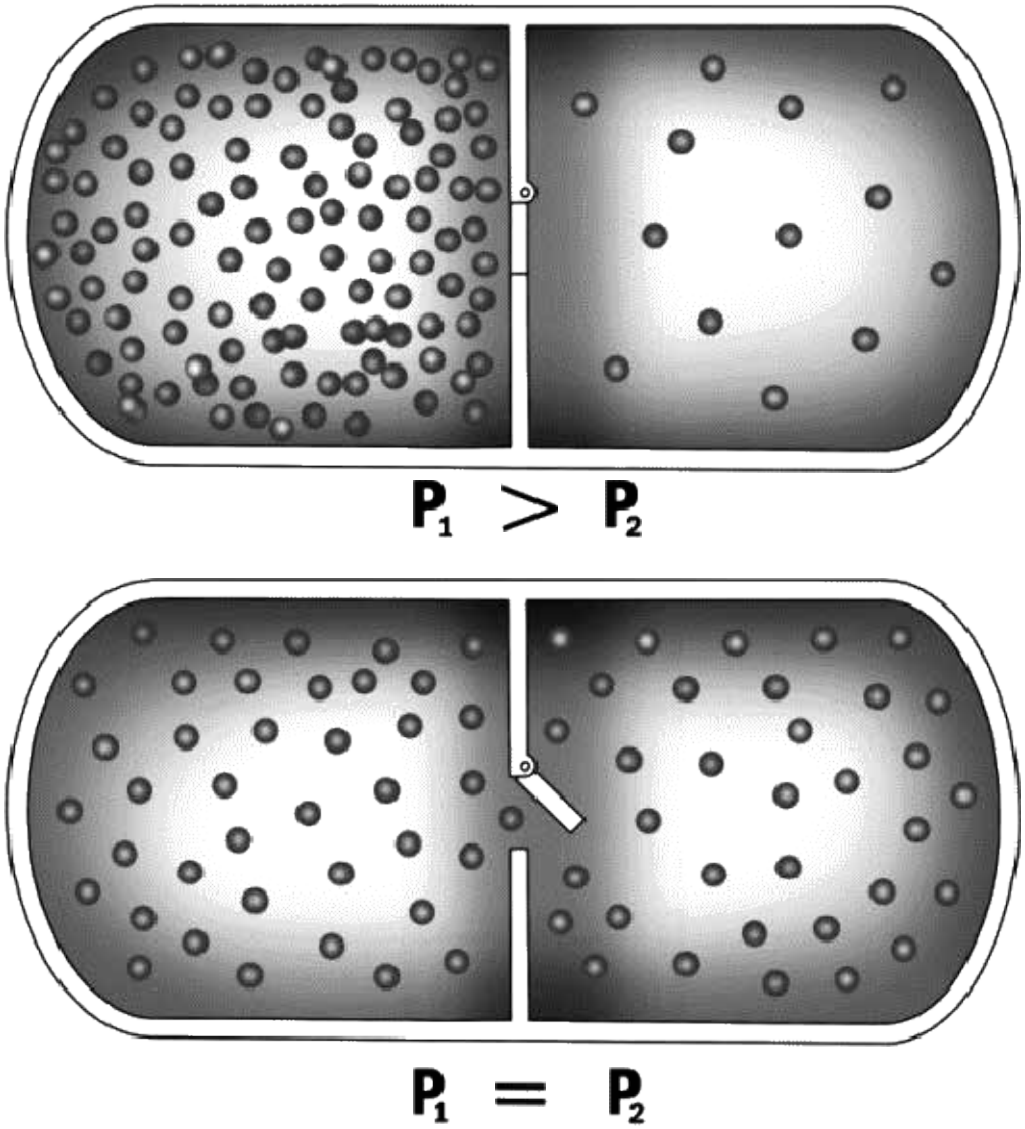
Вот в этом и заключается феномен однонаправленности времени. Он носит чисто статистический характер. Просто большинство происходящих в мире процессов статистически необратимы!



$T_1 > T_2$



$T_1 = T_2$



Выравнивание температуры (вверху) и давления (внизу) в баллоне

Времени как такового нет. Есть только необратимые с точки зрения теории вероятности процессы. Нет, они не невозможны! Они просто настолько маловероятны, что для их реализации не хватит времени существования всей вселенной.

Это значит, что все в нашем мире ведет к усреднению и деградации. Когда-нибудь все запасы энергии во вселенной будут потрачены и превращены в рассеянное тепло. Все неравномерности и разности потенциалов усреднятся, и в мире просто ничего не будет происходить. Эта печальная картина получила в науке название тепловой смерти вселенной.

Глава 4
Энтропия и информация

– А вот у нас дома есть кондиционер, – скажет мне особо сметливый читатель, – и он очень даже запросто передает тепло от холодного тела к нагретому. Он не дает уравниваться температурам на улице и в доме, делая прохладу в квартире, тогда как на улице жара. Кондиционер забирает квартирное тепло и выкидывает его на жаркую улицу.

Сметливый читатель мог припомнить и более обыденную вещь – холодильник. Тот тоже работает против усреднения, искусственно создавая разницу температур в комнате и внутри себя. Но на создание этой разницы температурных потенциалов мы тратим энергию из сети.

Конечно, можно локально препятствовать природе в ее стремлении к усреднению и

тепловой смерти, но для этого нужно затрачивать энергию. То есть где-то ее брать, прикладывать к нужному месту и в этом месте творить созидательную работу по противодействию слепым омертвляющим силам природы. По противодействию энтропии.

Вы когда-нибудь слышали это слово – «энтропия»? Это термин из области термодинамики – раздела физики, который, как видно из названия, изучает процессы передачи тепла и превращения в тепло других видов энергии.

Энтропия – это мера хаоса.

Мера статистического усреднения. Чем более усреднена система, чем меньше она способна совершить работу, тем больше в этой системе энтропии. Один из законов физики гласит: энтропия в любой закрытой системе может только расти или по крайней мере не убывать. Причем не убывать она может только в одном случае – если уже достигла максимума. Если система умерла.

Рост энтропии – это рост хаоса, это усреднение, умирание, деградация, разрушение. Стрела времени – это стрела энтропии.

В рисунках с газовыми баллонами, приведенными ранее, сверху система, обладающая минимальной энтропией, а снизу, после усреднения – максимальной.

Но почему физика уточняет, что энтропия растет только в закрытых системах? И что такое закрытая система?

Закрытой является система, которая не обменивается с окружающей средой массой и энергией. А если обменивается, то уже становится открытой.

Когда физиками были осознаны законы термодинамики, – а их естественным следствием стала будущая тепловая смерть вселенной, – физики немного огорчились. Им жалко стало нашего мира. А церковь, наоборот, обрадовалась. В термодинамике они увидели свой шанс.

Дело в том, что бурное развитие наук в XVI–XIX веках очень сильно потеснило разного рода мифологические доктрины. Наука стала объяснять то, что раньше объяснялось только наличием богов и ангелов, и конструировать такие вещи, которые с помощью религии сделать было нельзя. Люди стали все больше смеяться над прошлыми наивными представлениями о мире, которые им продавала церковь, и авторитет церкви начал стремительно падать. В конце концов на рубеже XVIII–XIX веков на волне социальных революций люди стали в массовом порядке отказываться от религиозных сказок.

И тут наука преподнесла религии неожиданный подарок. Из законов термодинамики вытекало два неопровержимых следствия и один неприятный для науки вопрос.

Первое следствие. Раз все в этом мире по естественному течению событий может только портиться и разрушаться, раз вся энергия в конце концов переходит в тепло и рассеивается в пространстве, значит, мир имел начало и был создан богом с запасами энергии. Которые мы теперь и тратим в свое удовольствие. А ведь именно о сотворении мира и говорили всегда попы!

Второе следствие. Раз мир ждет неизбежная тепловая смерть, значит, настанет конец света. Как и учит церковь!

А неприятный вопрос состоял вот в чем… Если все может только усредняться и портиться, упрощаться и деградировать, почему же мы вокруг наблюдаем столь прекрасный мир? Из маленького зерна произрастают огромные деревья. Растут люди, усложняются общества, строятся дома. Мир развивается, а вовсе не деградирует! Как это соотносится с законом о нарастании энтропии? Нет ли в этом промысла божьего?

Ответ на первое следствие наука дала в XX веке. Мир действительно имел начало, он произошел в результате так называемого Большого взрыва, причиной которого послужила банальная квантовая флуктуация. Правда, устройству вселенной и ее возникновению нужно посвятить отдельную книгу…

Что же касаемо конца света, то каков он будет, пока еще не вполне понятно и зависит от многих факторов, которые еще предстоит изучить – является вселенная открытой системой или закрытой, ждет ли ее бесконечное раздувание или схлопывание и т. д.

Но самое замечательное, что в том же XX веке был дан ответ на главный вопрос: отчего же вокруг нас происходит развитие, если законы термодинамики требуют неизбежной деградации?

Ответ этот довольно прост: наша планета не является закрытой системой. Напротив! На нее буквально потоком льется солнечная энергия, благодаря которой и происходит мощнейшая работа эволюции по противодействию энтропийному давлению. Приток свободной энергии и является причиной эволюции, то есть постоянного усложнения систем, которые с помощью этого усложнения конкурируют между собой за свободную энергию. Кто сложнее – тот и обыгрывает конкурентов.

Даже совсем простые системы, если их накачивать энергией извне, склонны создавать некие упорядоченные структуры. Например, вихри конвекции, как в кипящей кастрюле.

А что такое человек, биосфера, цивилизация? Это сложные устойчивые неравновесные системы. Поясню.

Бывают системы устойчивые и неустойчивые.

Бывают равновесные и неравновесные.

Если воду не подогревать, она спокойна и находится в равновесии со средой. Но если ее начать накачивать энергией путем разогрева на газу, в воде тут же образуются устойчивые вихри конвекции – горячая вода от дна поднимается кверху, а охлажденная валится вниз. Внимательно почитайте далее текст об устойчивости и равновесии!

Устойчивая система – шарик в рюмке или в ямке. Он вниз закатился и сам оттуда наверх не выкатится нипочем, если ему не помочь. Все системы стремятся к энтропии, к равновесию, к нижайшему уровню энергии. Человеческая лень – пример такого стремления на уровне организма. Ну, а раз так, шарик в самом низу и лежит. Любое случайное воздействие, стронувшее шарик, приведет к тому, что он снова скатится на самое дно рюмки. Устойчивое положение!

Неустойчивая система – это карандаш, стоящий на острие или шарик на пригорке. Зафиксировать эту систему практически не удастся, любое случайное дуновение, любое

дрожание молекул эту системы валит – карандаш падает, шарик скатывается с пригорка вниз.

Равновесная система – это система, находящаяся в равновесии. Нет в ней никаких пиков, все усреднено и мертво. Шарик в ямке – система равновесная.

Устойчивая равновесная система.

Неравновесная система – та, что находится в неравновесии. В ней присутствует разница потенциалов, за счет чего система может двигаться. Шарик на пригорке – неравновесная система, которая стремится к равновесию. Это **неустойчивая неравновесная система**.

– А зачем тогда разделять системы на устойчивые и равновесные? – спросите вы. – Разве неустойчивость не всегда совпадает с неравновесием, а устойчивость с равновесием?

Не всегда.

Человек – **устойчивая неравновесная система**. Он очень сложно организован, степень его внутренней организации запредельна! Такая система немедленно должна начать обваливаться, как карандаш, стоящий на острие. Но она не обваливается, потому что сделана так, что каждую секунду активно борется за свое неравновесие, за свою выделенность из среды, тратя на это бездну энергии. Это характеристика всех живых систем – борьба за жизнь против энтропии.

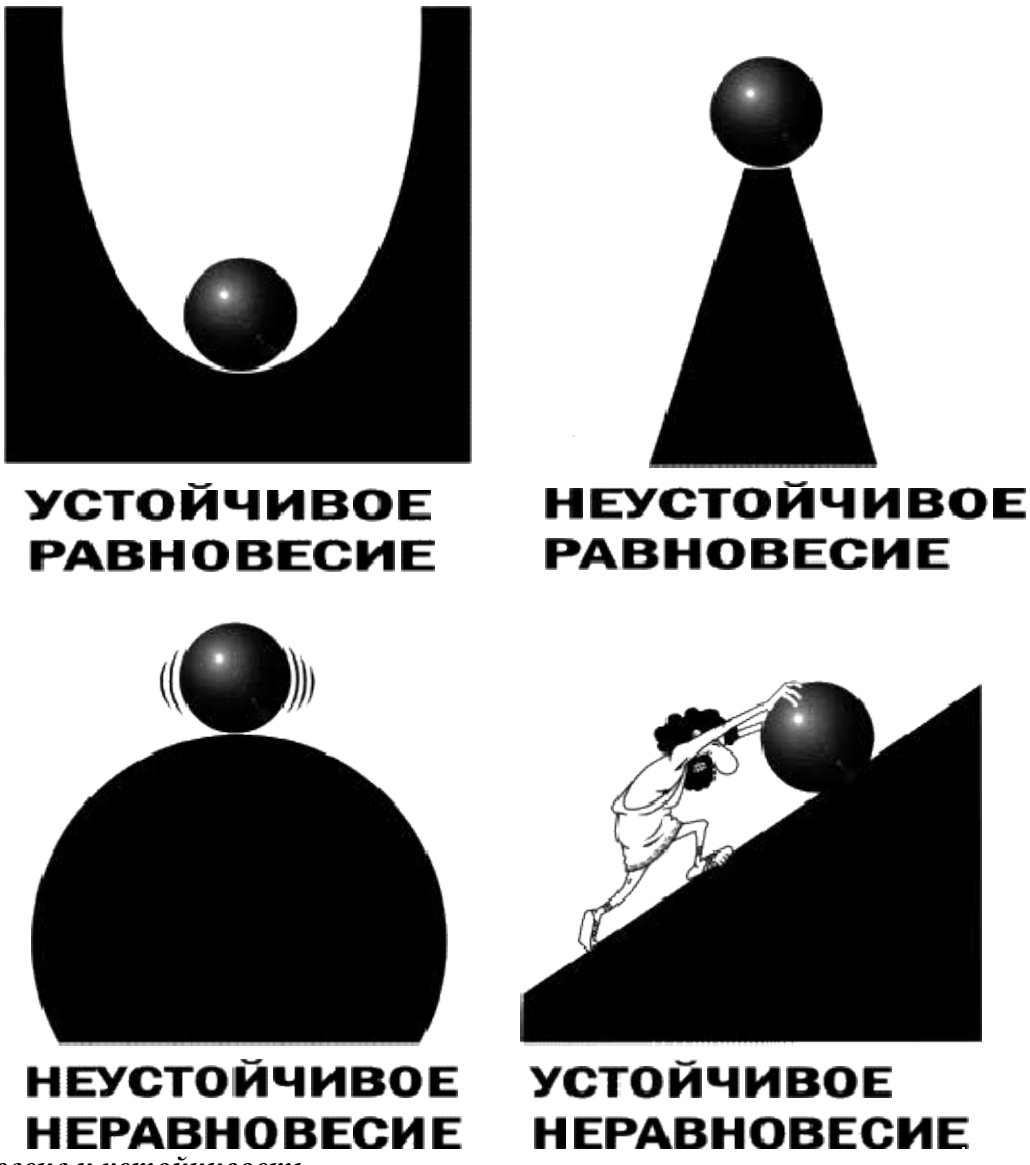
Наконец, бывают еще **неустойчивые равновесные системы**. Пример? Представьте пригорок, а на нем шарик. И вот мы, чтобы шарик тут зафиксировать, делаем крохотную ямку на вершине пригорка. И аккуратно ставим туда шарик.

Стоит! Уравновесился, собака!

Но стоит только чуть-чуть колебнуть этот шарик, как он неудержимо скатывается с пригорка вниз. Равновесие?

Да, но очень неустойчивое. Потому что пассивное. За свою устойчивость шарик не борется. Он ведь неживой.

Жизнь – это устойчивое неравновесие. И очень большое неравновесие. Очень удаленное от энтропийности. Очень организованное.



Равновесие и устойчивость

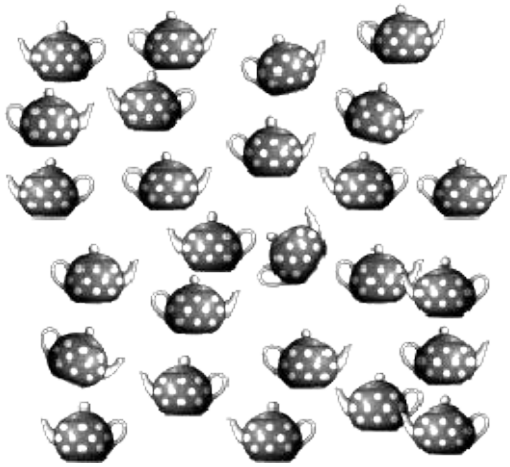
? А что такое организация?

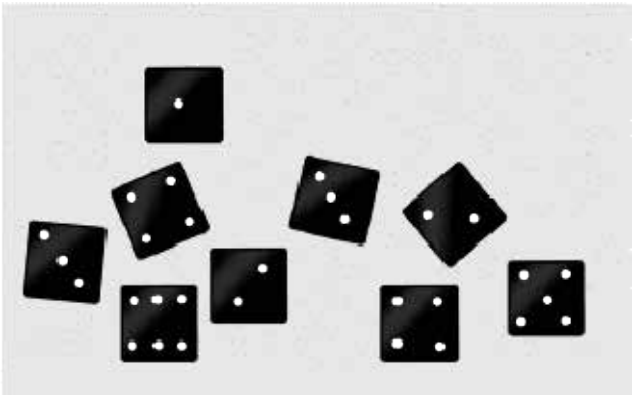
Хороший вопрос!..

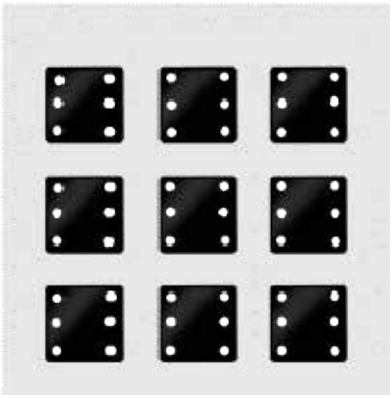
Организация – великий противник энтропии. Разницу между организованной материей и хаотичной видно на рисунке ниже.

Более естественным, то есть статистически более вероятным состоянием материи является энтропийное. Не зря существует поговорка, отражающая этот фундаментальный физический принцип: «Ломать – не строить». Можно даже не ломать, а просто предоставить все времени, и оно в конце концов расправится со всем, что нам дорого и мило. Чтобы противостоять разрушающему влиянию энтропиии, нужно бороться.

Внимательно посмотрите на рисунки далее. Чем отличается состояние системы слева и справа, если материал, из которого система создана, одинаков? Количество чайников и игральных костей одинаково, их химические и физические свойства одинаковы. Но первый же взгляд на рисунок выявляет существенную разницу.







В чем разница систем, если количество и качество предметов в них одинаково?

Разница – в организации! Справа организация есть, а слева ее нет. Мы затратили труд и энергию на то, чтобы из естественного хаотичного состояния перевести систему в состояние порядка. Мы просто взяли и расставили предметы в нужном нам порядке, потратив на это силы и время. Можно сказать, что мы вложили в систему энергию.

Как правило, высокоорганизованные системы содержат больше энергии, чем низкоорганизованные. И организуя системы, мы (или эволюция) запасаем в них энергию.

Жизнь – это очень сложно организованная материя.

По сравнению с хаотическим расположением атомов и молекул частицы, выстроенные в сложную структуру живого существа, представляют собой вершину эволюционной организации!

Поэтому хищники кушают травоядных зверюшек. Они просто нагло пользуются чужой организацией! Если есть что-то уже организованное, то есть некий объем энергии, запасенный организацией, его можно сожрать и путем развала этой организации энергию высвободить и присвоить. Так рассуждал бы хищник, если бы знал физику.

Вот растет дерево. Постепенно, долго. Оно питается микроэлементами почвы через корни и солнечным светом через листья. Каждый зеленый лист – это радар для приема солнечного излучения. С помощью солнечной энергии дерево организуется, то есть строит себя из хаотической грязи почвы. Таким образом оно запасает энергию. А потом приходит мужик, рубит дерево на дрова и высвобождает эту накопленную энергию в виде тепла – путем разрушения древесины огнем в печке. И остается хаотический вещественный мусор в

виде улетевших в трубу газов и золы, которая уже не горит.

Кстати, внутри человека происходит то же самое, что и в печке – окисление топлива (еды) кислородом. Человек вдыхает через специальное приспособление окислитель. И использует его для сжигания топлива. Только внутри нас горение происходит очень медленно.

И вот что я вам еще скажу! Человек питается вовсе не едой! Потому что любой организм выделяет ровно столько массы, сколько он закидывает себе в рот. Разумеется, это не касается детей и прочих растущих организмов, которые увеличиваются в размерах. А вот взрослый организм, который уже не растет и не хочет толстеть, выбрасывает вместе с выделениями (кал, моча, пот, сопли, водяной пар изо рта) ровно столько, сколько поглощает. Зачем же он тогда ест?

Да затем, что ему нужна энергия для жизни! А энергию он получает путем деструкции еды, то есть разрушения высокоорганизованных молекул и превращения их в низкоорганизованные.

Человек питается чистой организацией материи![3]

И вот теперь давайте зададимся хулиганским вопросом. Если бы существовал бог, мог бы он в нашем мире сделать идеальное существо, то есть такое, которое кушает и не какает?

Конечно, нет! Ведь ежесекундно борясь с энтропией и поддерживая свою выделенность из среды, свою организацию, мы разрушаем чужую организацию – организацию растений и животных, которых поедаем и сжигаем в своей утробе. А куда девать «золу»? Куда девать то, что осталось от высокоорганизованного вещества после его разрушения – обломки? Ведь нам не вещество нужно, а только его разрушение! Не накапливать же «мусор» в организме! Приходится выбрасывать. Таким образом, сходив в туалет, человек сбрасывает овеществленную энтропию.

И это касается не только человека и прочих живых существ, но и других сложных систем, например, цивилизации. Вопреки крикам защитников природы, человечество не может жить, не производя мусор и не загрязняя так или иначе окружающую среду… Поняли эту великую мысль? Теперь вам есть, что ответить маме, когда она станет ругать вас за бардак и мусор в вашей комнате.

– Невозможно жить и не мусорить! Овеществленная в мусоре энтропия – неизбежный спутник всех живых систем!

Услышав такое, мама пойдет, конечно, посоветоваться к папе, чтобы решить, не стоит ли вызвать ребенку врача, видимо, он переутомился. И, возможно, принесет с семейного совета следующую мудрую мысль:

– Сынок, сбрасывай свою энтропию в мусорное ведро, а в комнате немедленно наведи организованный порядок! Не позволяй наступать хаосу на цивилизацию!

Иначе останешься не только без мороженого, но и без новых игрушек.

Против столь убедительных научных аргументов спорить вам, конечно, будет трудно. Придется подчиниться грубой силе…

А мы в заключение этой главы и основного текста книги сделаем главный вывод: организация, то есть усложнение материи в одном месте, всегда оплачивается ее разрушением в другом месте. Невозможно созидать, не разрушая чего-либо. Поэтому мы всегда обречены что-то брать у природы и портить. И так ведет себя все живое. Поскольку такова физика нашего мира.

Ну, а чем оплачивается эволюция в целом на нашей планете? Ведь когда-то жизни на ней не было, а потом она возникла буквально из грязи и, постепенно-постепенно усложняясь, доросла до высшей ступени эволюции – человека. Разрушением чего оплачивается этот пир духа?

---

[3] Строго говоря, человеку для жизни нужна не только энергия, но и некоторые микроэлементы, витамины и пр. Но и они вовсе не накапливаются у нас в туловище, а просто приходят на смену потерянным, которые ушли в выделениях.

Разрушением Солнца.

Именно оно, сгорая и безвозвратно тратя свои запасы термоядерного топлива (попросту говоря водорода), обеспечивает усложнение материи на нашей планете.

Если вдруг у кого возник вопрос, а откуда взялось Солнце, рекомендую его припрятать до выхода следующей книжки – о звездах.

Приложение
Элементы мирового конструктора

В этом приложении мы с вами познакомимся с некоторыми простейшими химическими веществами из таблицы дедушки Менделеева. Про водород, кислород и хлор вы уже прочли кое-что. А теперь познакомимся с теми элементами, которые наиболее важны для человека или просто интересны сами по себе.

Углерод – C (6 протонов, 6 нейтронов, 6 электронов)

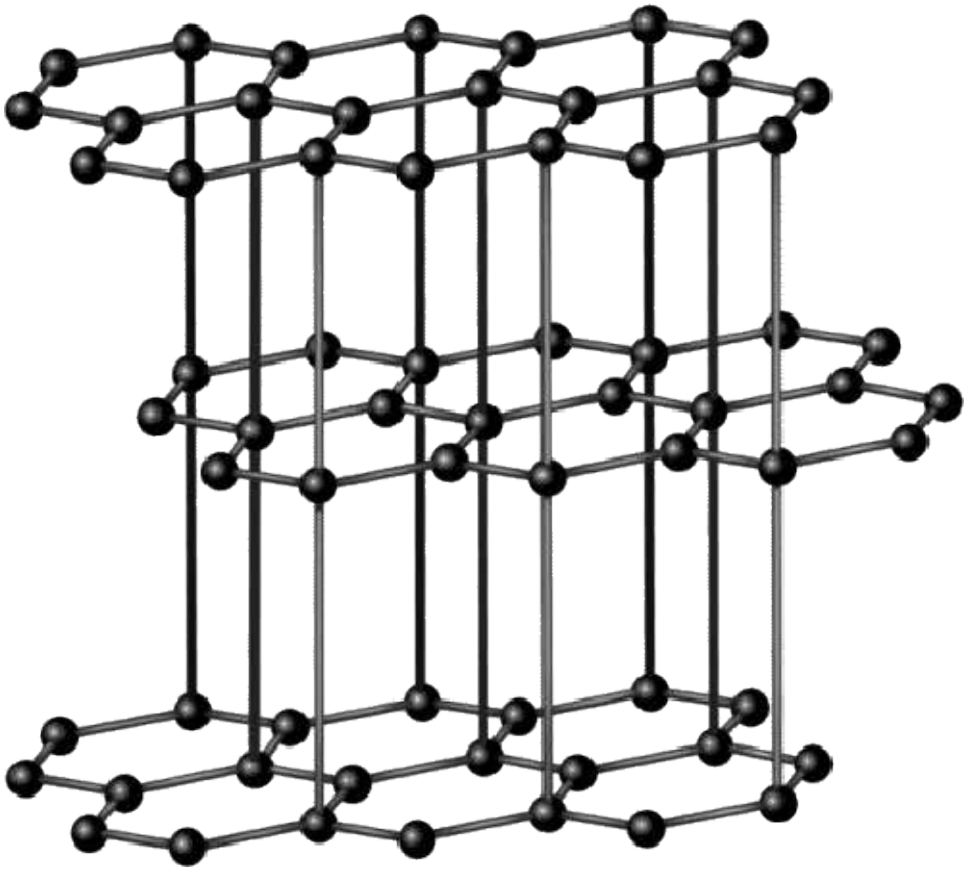
Копоть, сажа, уголь – это и есть углерод практически в чистом виде. Черное пачкающее вещество. Правда, сегодня городскому жителю углерод чаще всего встречается в виде графита, то есть в виде грифеля в простом карандаше. Это тоже пачкающее, мягкое серо-черное вещество. Здесь его пачкающие свойства применяют с пользой – чтобы оставлять следы на бумаге.

Однако есть и другие формы существования углерода – совершенно не черные, не пачкающие и не мягкие, а совсем даже напротив – прозрачные и очень твердые. Такая форма существования углерода называется алмазом. Если грифель растирается в пыль руками, то алмаз – самое твердое вещество на Земле. И кто скажет, что он пачкается? Он прекрасен! Это вам любая женщина подтвердит.

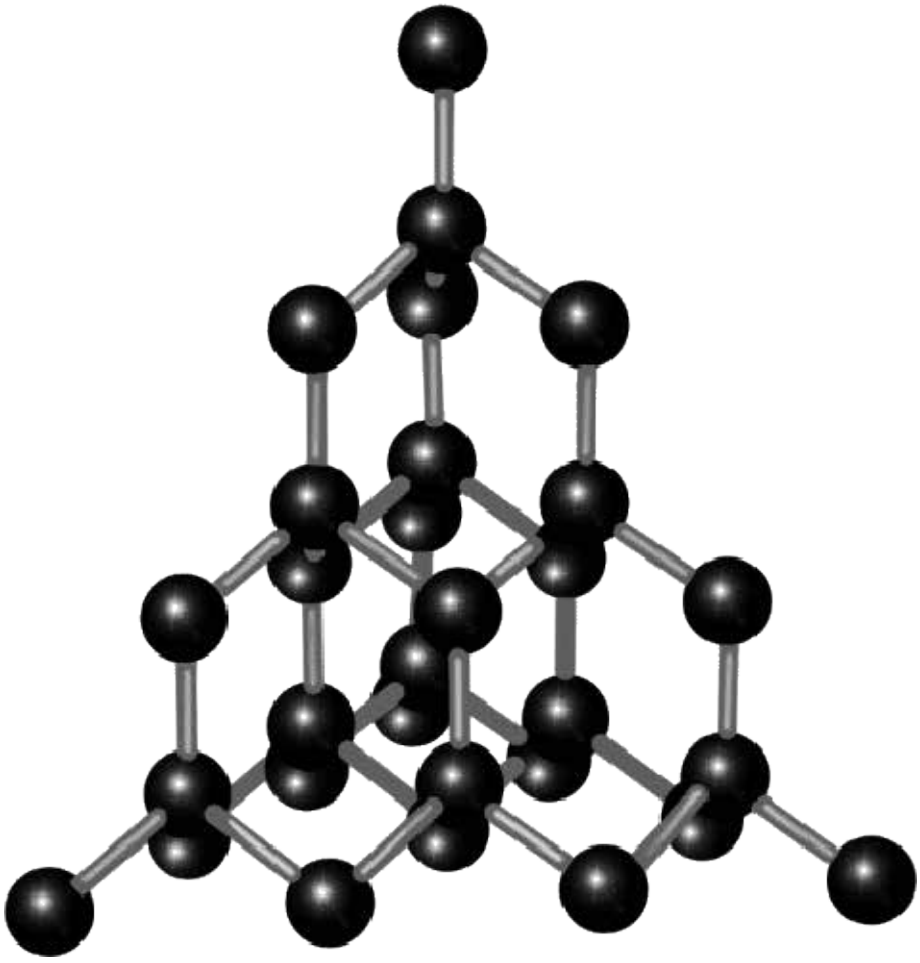
Но каков фокус! С одной стороны – нечто черное, непрозрачное, проводящее электрический ток и очень мягкое. С другой – бесцветный, прозрачный, невероятно твердый изолятор (материал, не проводящий ток). И это все – одно и то же вещество!

Почему?

Фазовый переход, друзья мои! При определенных (очень высоких) температурах и давлениях графит превращается в алмаз. Химически он остается все тем же веществом, но его физические свойства, как видите, меняются кардинально. А все из-за того, что перестраивается кристаллическая решетка.



Так упакованы атомы в графите



А так они располагаются в алмазе

Однако при прямо противоположных физических свойствах своих химических «привычек» алмаз не лишился. Он точно так же может прореагировать с кислородом (O) и полностью окислиться, то есть сгореть без остатка, целиком превратившись в углекислый газ (CO_2).

Углерод – один из важнейших для жизни элементов. Собственно, жизнь из него и «сделана». Этот элемент обладает чудесным свойством выстраивать сам с собой, а также с другими элементами длинные молекулы, именуемые полимерами. Из таких длинных атомных цепочек и строится вся органика, то есть, грубо говоря, «живое вещество».

Азот (N), стоящий в таблице Менделеева правее углерода, – это газ. И соседний кислород (O) тоже газ. И фтор (F) – газ. А вот более легкий, чем эти трое, углерод – почему-то представляет собой твердое вещество. Почему? Потому что он, в отличие от кислорода, азота и фтора, не образует легких молекул из двух атомов, типа O_2, N_2 и F_2. Сила связи между атомами кислорода в одной молекуле кислорода O_2 велика, а между разными молекулами кислорода слаба – вот они и разлетаются в разные стороны. Зато в алмазе, например, все атомы углерода связаны друг с другом одинаково крепко – в один сплошной полимер. Можно сказать, что кристалл алмаза – это одна сверхгигантская молекула. И конечно, такая сверхтяжелая «молекула» газом быть никак не может.

Тот раздел химии, который изучает углеродные полимеры, называется органической химией. Углеродные цепочки – тот «скелет», на котором строятся молекулы жизни.

Круговорот углерода в природе прост – животные дышат кислородом, а выдыхают

углекислый газ (CO_2), связывая таким образом углерод. Растения же, напротив, дышат углекислым газом, выдыхая в атмосферу кислород, а высвобожденный углерод пускают на строительство своего «тела» – ствола, листьев, корней. Потом растения поедаются животными, и углерод, как главный строительный материал всего живого, поступает в их тела.

В человеке массой 70 кг содержится 15 кг углерода. Больше, чем углерода, в организме человека только кислорода – почти 45 кг. А водорода – 6 кг. При этом атомов водорода в штуках почти в два раза больше, чем атомов кислорода, просто водород очень легкий. Водород и кислород присутствуют в нашем организме в основном в виде воды, из который человек состоит на 70 %. Человек, по сути, это водный пузырь, армированный костями. Точнее, миллиарды микроскопических водяных пузыриков, именуемых клетками. Все жизненные реакции внутри нас идут в водном растворе.

Фтор – F (9 p^+, 10 n, 9 e^-)

Это, пожалуй, самый агрессивный элемент из существующих, стремящийся прореагировать со всем, что попадается ему «под руку». Фтор находится в правом верхнем углу таблицы Менделеева, что уже говорит о многом. Это практически полюс системы элементов, самая ее крайность.

Мы привыкли тушить огонь водой, потому что вода негорюча. Но в атмосфере фтора горит даже вода, высвобождая кислород и образуя фторид водорода (HF). Если этот фторид растворить в воде, то получится плавиковая кислота – самая агрессивная кислота из известных нам. Обычную кислоту (серную, соляную и пр.) можно хранить в стеклянных сосудах. А плавиковая разъедает даже стекло, поэтому ее хранят в специальных фторопластовых емкостях.

Если в атмосферу фтора бросить кремний или уголь, то их даже поджигать будет не надо – сами воспламенятся, настолько хочется фтору с чем-нибудь пореагировать! Не зря его так назвали: «фтор», что в переводе с греческого означает «разрушающий». Опасная штука! В атмосфере фтора горят и кирпич, и асбест, и многие металлы.

Однако в малых дозах фтор может быть и полезен. В микроскопических количествах мы получаем фтор с водой, и он, встраиваясь в наш организм, попадает в зубную ткань и позволяет зубам бороться с бактериями, вызывающими кариес, то есть гниение зубов. Но стоит только содержанию фтора в воде превысить допустимые нормы, как зубы и весь организм начинают активно разрушаться. В организме человека содержится примерно 3 мг фтора.

И еще – именно фтор, наряду с тяжелой водой, помог сделать атомную бомбу. Для бомбы необходим уран-235, который надо было отделить от урана-238. Химически их не разделишь, это одно и то же вещество. Как же выделить из урана атомы, в ядрах которых 235 нуклонов, отделив их от атомов, где 238 нуклонов?

Можно попробовать использовать центрифуги – раскручивать жидкость, и тогда чуть более легкие фракции (атомы) станут отбрасываться центробежной силой чуть дальше. Затем это более легкое отбирать, снова запускать на центрифугу и таким образом раз за разом обогащать нужными нам фракциями. Именно так отделяют тяжелую воду от обычной, легкой.

Но беда в том, что уран – не жидкость, а металл. Что же делать? Выход нашелся. Фторид урана, то есть соединение урана с фтором – легкоплавкое вещество, которое можно при невысоких температурах сделать жидкостью и подвергнуть сепарации. А уж затем, после сепарации, снова выделить из фторида чистый уран, уже разделенный.

Азот – N (7p^+, 7n, 7e^-)

Воздух по большей части состоит из него, родимого. Напомню: азота в атмосфере

около 80 %, а кислорода – 20 %. Так что дышим мы в основном им. В организме для реакций используется только вдыхаемый кислород, азот же играет роль балласта – как вдыхается, так в неизменном виде и выдыхается. Но балласт этот не бесполезен! Дышать одним только чистым кислородом смертельно опасно.

Азот, наряду с углеродом и другими элементами, входит в ряд необходимых строительных материалов для нашего тела, только получаем мы его не из воздуха, а с едой – в составе азотистых соединений.

Азот также входит в состав удобрений, которые вносят в почву для повышения урожайности, потому что азотными удобрениями питаются растения, строя из азотистых веществ плоды и стебли. А уж эти плоды и стебли поедаем потом мы с вами. Так азот попадает в наш организм. В организме среднего человека содержится примерно 2 кг азота.

Любопытно тут вот что. Пользу азотистых соединений для урожая люди заметили несколько столетий назад. Потом в Южной Америке открыли залежи селитры – азотистого минерала, который стали использовать в качестве удобрения. Это повысило урожайность и крепко подсадило сельское хозяйство на ископаемую селитру. Настолько крепко, что мыслители позапрошлого века вскоре начали хвататься за голову: «А что мы будем делать, когда исчерпается южноамериканское месторождение, которое питает сельское хозяйство всего мира? Не грядет ли вслед за этим всемирный голод?» Видные ученые всерьез предрекали крах цивилизации из-за дефицита селитры!

Людям всегда свойственно тревожиться за свое будущее, и они постоянно задаются такого рода опасливыми вопросами по поводу разных ископаемых и прочих запасов. А что будет, когда закончится нефть? А что будет, когда закончится газ? Металлические руды? Не помрем ли мы?.. Но никогда до полного исчерпания и помирания дело не доходит, потому что с помощью ума и природной сообразительности человечество каждый раз находит замену тающему на глазах ресурсу. Сначала люди делали орудия труда и охоты из камня под названием кремень. Но не успели его запасы исчерпаться, как человечество изобрело плавку металла… Сначала жгли в печах дерево, а когда Европа «облысела» почти до конца, нашли новое топливо – уголь. Не успел кончиться уголь, стали использовать нефть в качестве топлива…

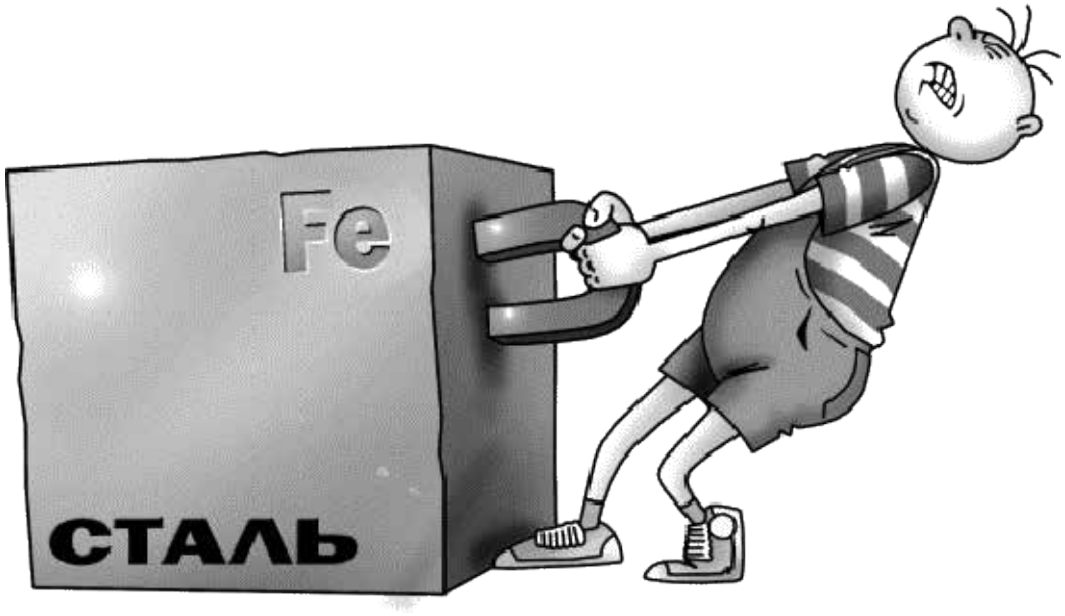
Так было и с селитрой. Человечество решительно не погибло, а просто стало производить азотные удобрения из воздуха, где этого азота полным-полно.

Неон и другие равнодушные элементы – Ne (Ar, Kr, Xe, Rn)

Этот яркий представитель инертных газов был открыт в конце XIX века специалистом в области физической химии Рамзаем. Инертными называют все газы, стоящие в 8 столбике таблицы Менделеева – аргон, криптон, гелий, ксенон, радон, поскольку все они обладают одинаковым свойством инертности, то есть весьма неохотно вступают в химические реакции с другими элементами. Атомы этих газов настолько «ленивые» на реакции, что даже между собой не дружат – их молекулы, в отличие от привычных нам газов, состоят всего из одного атома. И все эти газы открыл головастый Рамзай (некоторые, правда, совместно с физиками Рэлеем и Резерфордом).

Если инертным газом заполнить стеклянную трубку и подать на ее концы напряжение, газ в трубке начнет светиться. Цвет свечения зависит от сорта газа: неон, например, горит оранжевым. Подобные трубки эти получили название газоразрядных, но чаще их называют просто неоновыми лампами. Такие лампы стали применять в рекламе, поскольку, во-первых, это красиво; а во-вторых, удобно – трубки можно гнуть в виде букв, делая светящиеся завлекательные надписи.

Железо – Fe (26 p^+, 29 n, 26 e^-)



Мы живем в железном веке, и этим все сказано. До железного человечество жило в веках бронзовом и медном, а еще раньше полуголые дикари бегали по планете с каменными орудиями, поэтому их эпоха называлась каменным веком. Какой отсюда вывод? Железо круче! Из железа с небольшим содержанием углерода (до 2 %) делают сталь, которую не зря называют хлебом промышленности.

На самой заре железного века железа было мало и оно ценилось дороже золота. Причем если золото находили уже готовым – в виде самородков, то железо приходилось с помощью высоких температур восстанавливать из природной ржавчины – руды. Преимущества железа были людьми быстро оценены – высокие прочность и твердость. Поэтому производство железа неустанно развивалось, и через некоторое время стоимость железа упала намного ниже стоимости золота.

Между прочим, почти весь лес в Европе в свое время извели не столько для отопления жилищ, сколько для нужд металлургии, так как древесный уголь использовался при выплавке стали.

Железо используется человеком не только «снаружи», но и «изнутри» – именно оно придает нашей крови красный цвет и участвует в процессе переноса по организму живительного окислителя – кислорода. При недостатке железа в организме наступает анемия, то есть упадок сил. Железа в человеке около 4 граммов.

Алюминий – Al (13 p^+, 13 n, 13 e^-)

Алюминия на планете много. Но и он когда-то стоил дороже золота, потому что сначала этот металл добывался не промышленным, а лабораторным способом, в небольших количествах, для изучения. Будучи впервые полученным, алюминий немало поразил просвещенную публику – никто не ожидал, что металл может быть таким легким! Посмотрев, где в таблице Менделеева находится алюминий, вы и сами можете в этом убедиться – он располагается ближе к левому верхнему углу. Если атомный вес железа 55 единиц, то алюминия – всего 26.

После первого появления, в силу редкости и дороговизны из алюминия стали делать ювелирные украшения и ложки с вилками. Это сейчас алюминиевые ложки – признак бедности и солдатчины, их никто не любит. А сто с лишним лет назад алюминиевая посуда считалась высшим шиком, с нее ели только особы королевской крови.

Однако потом были придуманы способы промышленной добычи, и алюминий начали изготавливать десятками и сотнями тысяч тонн. Из-за его легкости алюминий широко применяют в авиации, из него делают электропровода и посуду.

В организме человека содержится ничтожное количество алюминия. Его роль в организменных процессах не вполне понятна, но известно, что в результате дефицита этого элемента у животных возникают задержки роста, начинаются проблемы с размножением, теряется координация движений. У людей дефицита этого микроэлемента не наблюдалось. Зато наблюдалось обратное – его избыток. И вот избыточные дозы алюминия весьма опасны для здоровья. Алюминий токсичен и может вызывать поражение костной ткани, почек, нервной системы, при его избытке ухудшается память, могут развиться такие опасные заболевания, как болезнь Альцгеймера.

Фосфор – P (15 p^+, 15 n, 15 e^-)

Это желтовато-белое, мягкое, легковоспламеняемое и чертовски ядовитое вещество, которое может светиться в темноте. Последнее – самое интересное свойство фосфора, которое принесло ему славу. Свечение фосфора принципиально отличается от свечения радия, поскольку ни о каком распаде, ни о какой радиации в случае с фосфором речь не идет. Фосфор светится просто потому, что активно реагирует с кислородом воздуха (по сути, медленно горит) с выделением лучистой энергии. Он может даже самовоспламениться на воздухе, поэтому фосфор хранят в воде.

Несмотря на свою крайнюю ядовитость, фосфор является необходимым элементом для

строительства нашего тела; при этом понятно, что получаем мы его вместе с пищей не в чистом виде, а в составе неядовитых соединений. Впервые фосфор был выделен алхимиками из человеческой мочи более трехсот лет назад, что как раз говорит о большом содержании фосфора в организме.

Немецкий алхимик Геннинг Бранд в поисках золота обратил внимание на человеческую мочу, задавшись резонным вопросом: а не золото ли придает моче столь красивый желтоватый цвет? Геннинг начал мочу кипятить, выпаривать, смешивать с другими веществами. Вонища стояла, ужас!.. Никакого золота он в результате этих операций не получил, конечно, но зато добыл белое, светящееся в темноте вещество. Которое хитрый Бранд превратил в золото другим способом – не химическим, а психологическим. Ведь до этого человечество никаких самосветящихся веществ не знало. Поэтому Бранд немедленно стал показывать вновь открытое вещество богачам в качестве огромного достижения. Богачи немало удивлялись и давали изобретателю деньги золотыми монетами на дальнейшие исследования.

Через некоторое время Бранд продал секрет изготовления фосфора одному своем коллеге, и постепенно информация разошлась по Европе. Вскоре было обнаружено, что очень много фосфора содержится не только в моче, но и в костях и прочих тканях человека, а также других животных. И не только животных, – в растениях полно фосфора, именно поэтому рост сельскохозяйственных культур сильно ускоряют вносимые в почву фосфатные удобрения.

Ну, а сколько конкретно в человеческом теле этого химического элемента? Если принять массу тела за 70 кг, то фосфора в нем будет около килограмма, причем 90 % всего фосфора сосредоточено в костях в виде разных соединений. Любопытно, что при разложении трупов фосфор, находящий в тканях, может высвобождаться в виде бесцветного газа – фосфористого водорода. Он имеет свойство возгораться и при этом светиться слабеньким холодным пламенем. Днем такое пламя совершенно незаметно, а вот ночью… Ночью на кладбищах над свежими могилами порой можно наблюдать колеблющийся факел слабого свечения, похожий на привидение. Эти светящиеся «призраки» издревле пугали людей. Вы не были ночью на кладбище? Сходите, вдруг повезет, и вы станете свидетелем интересного физического явления.

Кальций – Ca (20 p+, 20 n, 20 e-)

Очень важный для человека металл и один из самых распространенных элементов на Земле. В природе кальций встречается не в чистом виде, как, например, самородное золото, а в виде солей, из которых состоят многие горные породы. Известняк, мел, мрамор – примеры таких пород.

Почти все наши стройматериалы – бетон, кирпич, цемент – содержат соединения кальция.

Ну, а раз кальция много в земной коре, его немало и внутри наших организмов, поскольку жизнь на Земле возникала из тех элементов, которые были в наличии. А как иначе?

В каждом взрослом человеке среднего веса содержится примерно 1,5 кг кальция, причем практически весь он сосредоточен в костях.

В наш организм кальций поступает с пищей и водой. Если в воде много солей кальция, она называется жесткой.

Калий – K (19 p^+, 20 n, 19 e^-)

Этот металл – брат кальция, в таблице Менделеева расположен рядом с ним. В чистом виде в природе калий тоже не встречается в силу своей активности – он так и норовит вступить с другими элементами в реакцию, образовав какие-нибудь соединения. Поэтому

искусственно полученный чистый калий перевозят в специальных герметично запаянных банках, заполненных инертным газом.

Чистый калий применяют в химической промышленности, но брать его надо очень осторожно – в перчатках и маске, потому что калий воспламеняется буквально от капли воды. С большими же количествами калия вообще работают в специальных камерах, заполненных инертным газом. Дышать там нечем, поэтому приходится надевать специальные скафандры. Если же калий случайно загорится, тушить его водой, как вы понимаете, бесполезно – это все равно, что заливать костер бензином. Горящий калий гасят, засыпая его натриевой солью, то есть обычной поваренной солью, которую мы кладем в суп.

В нашем организме соли калия играют очень важную роль, они, например, участвуют в передаче сигнала по нервам. В организме среднего человека содержится примерно 150 г калия. Нехватка калия может привести к сердечному приступу.

При этом цианистый калий, то есть химическое соединение калия с углеродом и азотом, является одним из самых сильных ядов, известных человечеству. Достаточно нескольких крохотных крупинок этого опасного вещества, чтобы убить человека.

Серебро – Ag (47 p^+, 60 n, 47 e^-)

Драгоценный металл, издревле известный человечеству. Наряду с золотом являлся универсальной мерой стоимости для разных товаров – из серебра и золота делали деньги.

Если не считать денег и украшений, то одно из самых известных применений серебра – производство зеркал. Тот самый тонкий отражающий слой на задней стенке стекла, который и делает его зеркалом, сделан как раз из серебра. А первые зеркала, которыми пользовались древние красавицы, были вообще целиком серебряными, их делали из полированной серебряной пластины.

Ранее серебро очень широко применялось в фотографии. Это сейчас фотография практически вся цветная и цифровая. А раньше фотографии получали, проецируя поток света через объектив на фотобумагу. А что такое фотобумага? Это бумага, покрытая солями серебра. Дело в том, что соли серебра обладают таким свойством, как фоточувствительность. Иными словами, они темнеют на свету. Сильно засвеченные участки фотобумаги приобретали темный цвет, менее засвеченные оставались белыми или серыми. Так формировалось черно-белое изображение.

После своего изобретения в конце XIX века фотография приобрела необычайную популярность, и к 60-м годам XX века только в одной Америке каждый год на нужды фотографов тратилось более 900 тонн серебра, которое в виде солей распылялось тонким слоем по фотобумаге, безвозвратно изымаясь таким образом из оборота. Ну, а после изобретения иных технологий фиксации изображений нужда в серебре упала, как и его цена.

Еще одно полезное свойство серебра – оно убивает микробы. Поэтому вода в серебряных сосудах долго не протухает. В старину этим пользовались хитрые попы, которые торговали такой вот «стерилизованной» водой из серебряной емкости, называя ее «святой водой» и наделяя якобы волшебными свойствами.

Медь – Cu (29 p^+, 34n, 29 e^-)

Очень хороший элемент! Красноватого цвета металл. Относительно мягкий (в полтора раза мягче железа.) Хорошо проводит электрический ток, поэтому употребляется для изготовления проводов.

Когда-то, в медном веке медь была главным металлом, потому что железо еще не было открыто, и из меди и ее сплавов делали все – оружие, ножи, предметы быта. Забавно, но даже сейчас еще встречаются медные молотки – их применяют в цехах, где есть опасность взрыва или воспламенения, потому что железные молотки при сильном ударе могут вызвать искру, а медь не искрит.

Два главных сплава, основой которых является медь, это бронза и латунь. Бронза – это сплав меди с оловом, а латунь – сплав меди с цинком. Латунь хорошо противостоит коррозии, поэтому из нее часто делают разные морские штучки – колокола, компасы, ручки. Выглядят они красиво, блестят как золото!

Меди на Земле в тысячу раз меньше, чем, например, алюминия, поэтому и стоит она дороже. Именно медь придает различным минералам (малахиту, например) его красивый зеленоватый цвет.

По содержанию меди в организме она относится к микроэлементам, поскольку в среднем человеке меди всего 70 миллиграмм. Но она очень нужна для функционирования нашего тела! Медь важна для здоровой кожи, поддержания иммунитета (защитных сил организма), работы мозга и нервной проводимости.

Так же, как и серебро, медь обладает бактерицидными свойствами, то есть убивает микробы. Замечено, что использование изделий из меди (дверные и оконные ручки и т. д.) позволяет снизить в реанимационных отделениях риск инфицирования больных на 40 %.

Олово – Sn (50 p^+, 68 n, 50 e^-)

Олово – один из семи древнейших известных людям металлов, наряду с золотом, серебром, медью, железом, свинцом, ртутью. Его добавляли в расплавленную медь, чтобы получать более прочную, чем медь, бронзу. Из чистого олова делали ложки и другую посуду. А еще отливали оловянных солдатиков.

Еще совсем недавно тонким слоем олова покрывали консервные банки, чтобы жесть, из которых банки делают, не окислялась. Теперь вместо олова жесть все чаще покрывают слоем лака, посуду из олова тоже больше не делают, и поэтому в быту олово мы можем встретить только в виде так называемого припоя – оловянной проволочки, которую используют для пайки электросхем с помощью паяльника.

Одно из самых интересных свойств олова связано с немного пугающим термином «оловянная чума». Свойство это было замечено довольно давно и никакой радости людям не принесло. Рассказываю…

Вообще, олово, как и все металлы, обладает металлическим блеском и в слитках представляет собой серебристо-белое вещество, из которого можно отливать разные полезные штуки, например, ложки или игрушечных солдатиков. Но иногда с оловом вдруг случается нечто странное. Подобное произошло в начале прошлого века с погибшей полярной экспедицией Роберта Скотта, которая отправилась исследовать Южный полюс. Экспедиционеры взяли с собой топливо в железных емкостях, швы которых были запаяны оловом. Как вы понимаете, в условиях полярного холода топливо – вещь жизненно необходимая. Экспедиция мужественно преодолевала колоссальные трудности, но добила людей потеря топлива – весь керосин вытек через щели емкостей, потому что олово, которым пропаивались швы, по непонятной причине превратилось в серый порошок и осыпалось, образовав щели.

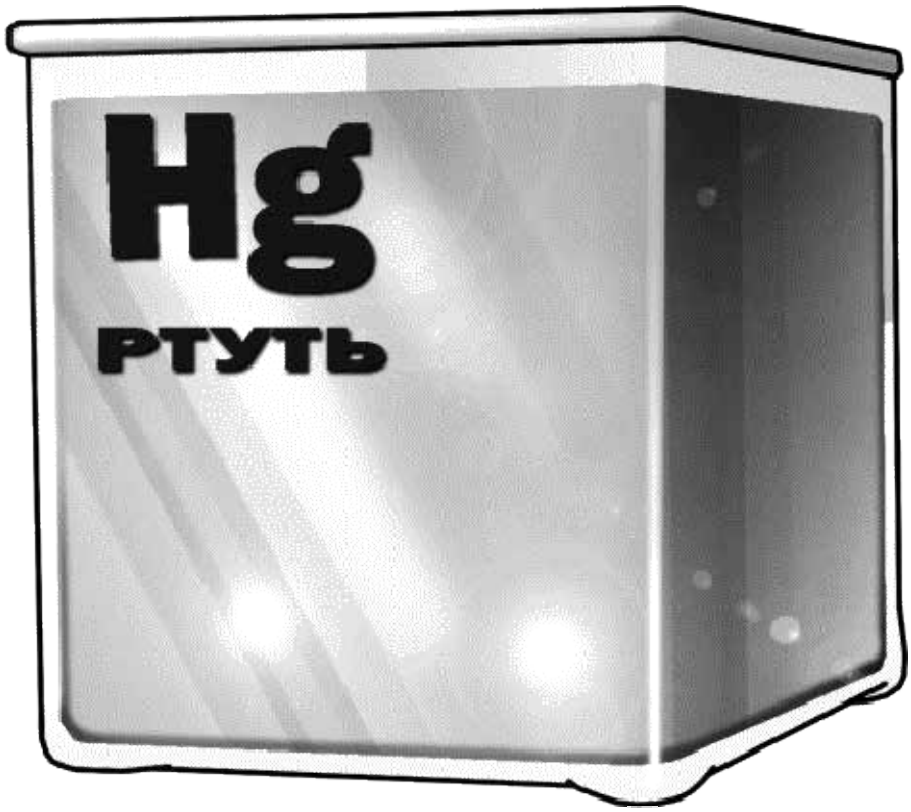
Нечто подобное позже произошло и в России. В ту пору Российская империя олово сама не производила, а закупала его за рубежом. И вот морозной зимой 1916 года целый состав с оловом отправился с Дальнего Востока в Европейскую часть страны. Но не дошел. Вернее, состав-то дошел. Но долгожданного олова в нем не было. Вместо блестящих беловатых слитков, пластичных и ковких в вагонах лежал какой-то странный серый порошок. Химический анализ показал, что это и было олово.

Почему же блестящие слитки превратились в серый порошок? Фазовый переход! Вспомните углерод. Он может существовать как в виде черного, непрозрачного мягкого графита, проводящего электричество, так и в виде прозрачно-белого, не проводящего ток, очень твердого алмаза. То же самое с оловом – при низких температурах перестраивается кристаллическая решетка олова, и его физические свойства разительно изменяются. Этот процесс назвали «оловянной чумой», потому что «болезнь» быстро распространяется по

всему олову, и один кусок словно заражает другой.

Кстати, у олова есть и еще одна, третья модификация – при температуре выше 160 °С снова меняется расположение атомов в кристаллической решетке олова. И меняется, разумеется, вместе с физическими свойствами – олово полностью теряет свойственную металлам пластичность и становится хрупким, как стекло.

Ртуть – Hg (80 p^+, 120 n, 80 e^-)



Это единственный металл, который при нормальных условиях (при комнатной температуре) является жидкостью. Мы привыкли, что для плавления металлов их нужно разогревать. Мы видели по телевизору жидкую сталь, которая льется из ковшей на металлургических заводах, сверкая огненными брызгами и светясь белым светом из-за огромной температуры. А вот ртуть нагревать не надо, капли жидкой ртути, похожие на шарики, превращаются в твердое тело только при температуре минус 39 °С. Мороз! Именно такова температура плавления ртути.

У ртути довольно большой коэффициент теплового расширения. Вообще-то, все тела при нагревании расширяются, но ртуть это любит особенно! Именно поэтому ее используют в градусниках – даже небольшое повышение температуры у больного человека приводит к расширению ртути, что мы и отмечаем на шкале градусника.

В жидкой ртути хорошо растворяются некоторые металлы, например, серебро, золото, олово. Такие растворы металлов в ртути называют амальгамами. А вот железо в ртути не растворяется, поэтому ртуть можно перевозить в стальных емкостях. С помощью амальгам раньше золотили разные предметы – растворяли золото в ртути, затем покрывали полученной жидкостью предмет. Ртуть постепенно испарялась, а золото оставалось на предмете тонким слоем.

Пары ртути ядовиты, поэтому детям разбивать градусники, чтобы добыть для игры немного ртути, строго не рекомендуется.

Несмотря на свою токсичность (ядовитость), ртуть в микродозах содержится в нашем организме в виде разных соединений. Роль ртути в системе жизнеобеспечения не до конца

изучена, известно только, что недостаток ртути в организме приводит к снижению иммунитета, росту простудных и воспалительных заболеваний.

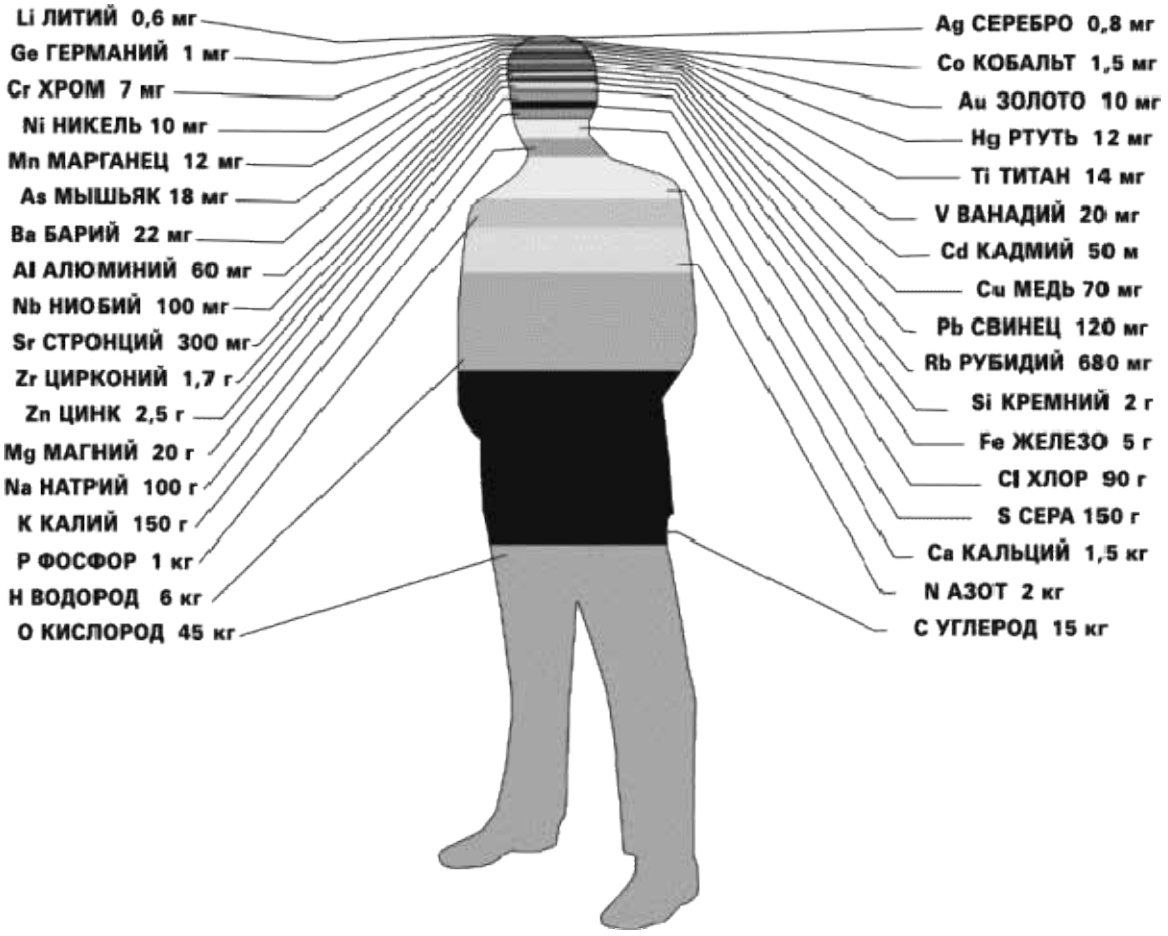
Галлий – Ga (31 p+, 38 n, 31 e-)

Почему я напоследок решил рассказать о галлии, ведь разных металлов и других элементов в таблице Менделеева полно, и обо всех в относительно небольшой книжке не расскажешь?

Потому что галлий позволяет показывать удивительные фокусы. Дело в том, что температура плавления галлия всего 30 °С. А температура человеческого тела, напомню, 36,6 °С. То есть кубик твердого блестящего металлического галлия на ладони начнет на глазах таять, превращаясь в блестящую лужицу.

А фокус, о котором я упомянул, делают такой – отливают из галлия чайную ложечку и кладут рядом с чашкой. Человек сует ее в горячий чай, и ложка на его глазах тает, стекая на дно чашки металлическими каплями.

При определенном старании галлий можно даже купить, заказав по Интернету, чтобы играться с ним. Галлий не токсичен.



Сколько и каких элементов содержится в человеке