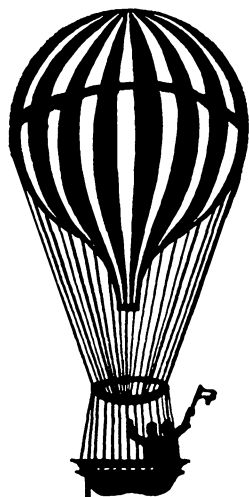


Б. Ф. БИЛИМОВИЧ

ВУЗНИЧЕСКИЕ ВИКТОРИНЫ





Б. Ф. БИЛИМОВИЧ

фИЗИЧЕСКИЕ
ВИКТОРИНЫ
В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ

ПОСОБИЕ ДЛЯ УЧИТЕЛЕЙ

Издание третье, переработанное

МОСКВА «ПРОСВЕЩЕНИЕ» 1977

Билимович Б. Ф.

Б61 Физические викторины в средней школе. Пособие для учителей. Изд. 3-е, перераб. М., «Просвещение», 1977.

159 с. ил.

Эта книга написана для учителя физики с целью помочь ему в организации и проведении физических викторин в средней школе. Задачи для викторины систематизированы по разделам курса физики и снабжены подробными ответами. Значительное место отведено экспериментальным задачам, которые вызывают у учащихся особенно большой интерес.

Б $\frac{60501-436}{103(03)-77}$ 145-77

53

ВВЕДЕНИЕ

Физические викторины в занимательной форме знакомят учащихся с явлениями природы, с разнообразными применениями законов физики в технике, с интересными опытами. Физические викторины углубляют и расширяют знания учащихся, способствуют развитию логического мышления, прививают интерес к предмету.

Готовясь к проведению викторины, нужно прежде всего наметить тему викторины, учитывая пройденный учебный материал и подготовку учащихся.

Вопросы и задачи викторины должны отличаться оригинальностью, необычностью, быть близкими к практическим приложениям или иметь парадоксальные решения.

Условия задач следует формулировать кратко и точно, решение их не должно требовать длительных сложных вычислений.

Приборы для викторины нужно подобрать и проверить заранее, а рисунки и схемы вычертить на больших листах бумаги. Можно также использовать рисунки из книг, проецируя их на экран.

Все методические приемы и средства, способствующие наглядности и выразительности демонстрируемых опытов (белые и черные экраны, теневое проецирование, подкрашивание жидкостей и т. д.), которые обычно используются на уроках, следует широко применять и при проведении викторины.

Необходимо также во время опытов строго соблюдать правила техники безопасности.

Очень важно, чтобы в подготовке и проведении викторины участвовали школьники. Всех учащихся надо заранее

предупредить о сроке проведения викторины, познакомить с ее темой, а также рекомендовать для подготовки соответствующую литературу.

Примерный план проведения викторины может быть таким.

Учащихся класса делят на две равные группы, причем вопросы задают поочередно обеим группам. После ответа одной группы вторая исправляет и дополняет этот ответ; затем вторая группа отвечает и так далее. К участию в викторине можно привлечь также два параллельных класса.

Вопросы можно задавать по-разному:

1. Учитель объясняет устройство используемых приборов, затем демонстрирует опыт, и учащиеся его объясняют.

2. Учащиеся знакомят только с внешним видом приборов, далее показывают опыт, а затем учащиеся должны отгадать «секрет» внутреннего устройства прибора, который обуславливает иногда совершенно неожиданный результат опыта.

3. После объяснения устройства приборов учитель предлагает учащимся предсказать и обосновать результат опыта, после чего правильность ответа проверяют опытом.

4. Учащиеся объясняют принцип действия какого-либо прибора по его схеме.

5. Учащимся предлагают найти принципиальную ошибку в проекте или схеме какой-либо установки (например, «вечного двигателя») или решить вопрос о целесообразности устройства какой-либо детали машины.

Каким способом задавать вопросы к той или иной задаче сборника, предоставляем решать самому учителю.

Каждый ответ нужно не только обосновывать, но и указывать, где данное физическое явление используется на практике.

После каждого ответа учитель оценивает его, если нужно, поясняет и дополняет ответы.

Ответы оцениваются по трехбалльной или пятибалльной системе. Выигравшей считается группа, получившая наибольшее число баллов.

Можно также организовать соревнование на личное первенство.

О проведении викторины и ее результатах полезно сообщать в школьной стенной печати.



МЕХАНИЧЕСКОЕ ДВИЖЕНИЕ

1. Из плотной бумаги вырезать круг диаметром 30 см и через его центр тушью провести жирную полосу. В центре сделать отверстие и надеть круг на диск проигрывателя.

Почему, если смотреть на вращающийся диск сбоку, кажется, что он вращается неравномерно, хотя на самом деле вращение равномерное?

О т в е т. При наблюдении вращающегося предмета сбоку кажущаяся скорость равна проекции вектора истинной скорости на прямую, перпендикулярную лучу зрения (рис. 1).

2*. Рабочий тянет за конец каната, вследствие чего катушка, на которую намотан канат, перекатывается без скольжения по земле (рис. 2).

Какой путь должен пройти рабочий, чтобы смотался один оборот каната, если длины окружностей барабана катушки и торцевого диска соответственно равны l и l_1 м?

О т в е т. Чтобы смотать l м каната при условии, что катушка вращается на месте, рабочий должен пройти l м. Но катушка при этом

* Задачи, не требующие для решения эксперимента, отмечены звездочкой. Решая такие задачи, можно использовать рисунки из настоящего пособия, проецируя их с помощью эпидиаскопа на экран.

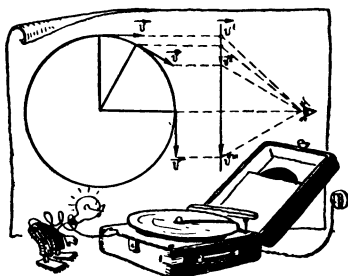


Рис. 1

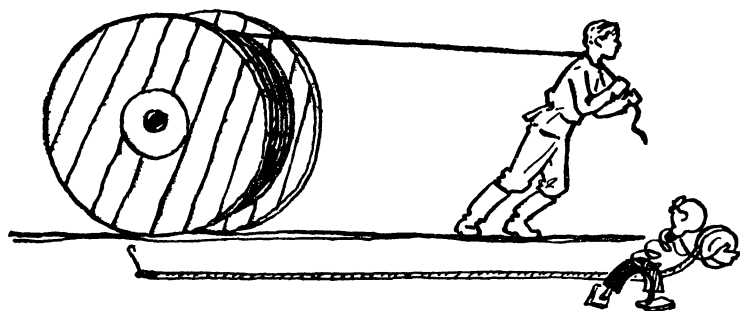


Рис. 2

прокатится на расстояние l_1 м. Следовательно, всего рабочий пройдет $l + l_1$ м.

3*. Пользуясь графиком движения туриста (рис. 3), ответить на следующие вопросы:

- О чем говорит участок II?
- На каких участках какими видами транспорта пользовался турист?

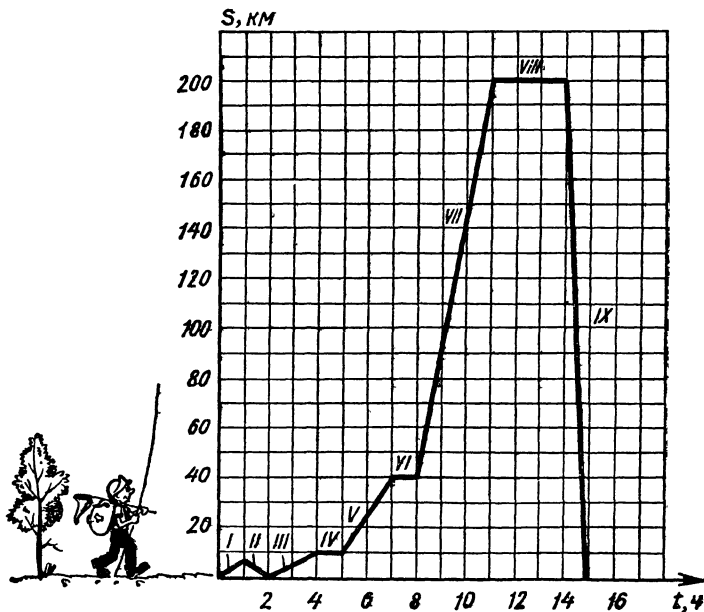


Рис. 3

в) Когда и сколько времени он отдыхал?

г) Когда вернулся домой?

Ответ. а) Участок II графика показывает, что через 2 ч после отправления в путь турист, вынужден был вернуться домой.

б) Если судить по скорости его движения, то на участках I, II и III он двигался пешком, на участке V — на велосипеде или лошади, на участке VII — на поезде, автомобиле или мотоцикле, вернулся домой (участок IX) на самолете.

в) Турист отдыхал по часу на участках IV, VI и 3 ч на участке VIII.

г) Турист вернулся обратно через 15 ч после первого отъезда из дома.

4. Существуют ли в поезде точки, которые движутся не вперед, а назад?

Ответ. Такие точки есть на выступающем крае (реборде) колеса. Для доказательства надо немного прокатить вправо по краю широкой линейки картонное кольцо диаметром 10 см с приклеенным к нему картонным кругом большего диаметра (рис. 4). При этом точка a на крае круга («реборде»), лежащая сначала под нитью отвеса, окажется левее ее.

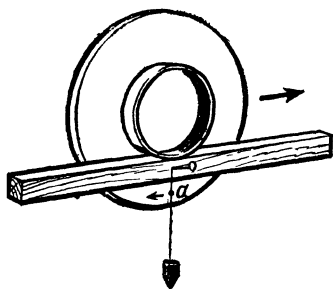


Рис. 4

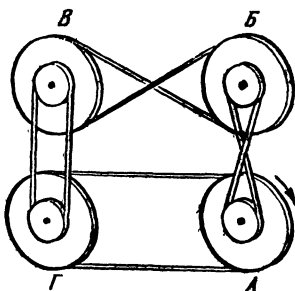


Рис. 5

5*. Шкивы A , B , B , Γ соединены передаточными ремнями (рис. 5). Если при таком соединении движение всех четырех шкивов возможно, то в каком направлении будет вращаться каждый шкив в том случае, когда шкив A вращается в направлении, указанном стрелкой?

Возможно ли движение шкивов, если все четыре ремня будут перекрещены, как на шкивах A и B ? Возможно ли движение, если перекрещен только один ремень или три ремня?

Ответ. 1. При таком соединении (рис. 5) движение шкивов возможно. Если шкив A движется по часовой стрелке, то шкив B будет двигаться против часовой стрелки, а шкивы B и Γ — по часовой стрелке.

2. Если все четыре ремня перекрещены, то движение тоже возможно.

3. Если перекрещен только один ремень или три ремня, то движение невозможно.

6*. В плоскости расположено одиннадцать зубчатых колес так, что первое колесо сцеплено зубцами со вторым,

второе с третьим и т. д. Наконец последнее одиннадцатое колесо сцеплено с первым. Могут ли вращаться колеса такой системы?

О т в е т. Если первое колесо вращается по часовой стрелке, то каждое нечетное колесо будет вращаться тоже по часовой стрелке, а каждое четное против часовой стрелки. Таким образом, и первое и одиннадцатое колеса должны вращаться в одну сторону, что невозможно. Следовательно, колеса такой системы вращаться не могут.

СИЛА ТЯЖЕСТИ И РАВНОВЕСИЕ ТЕЛ

7. Картонный обруч диаметром 20 см, заклеенный с двух сторон плотной бумагой, может катиться вверх по наклонной плоскости. Объяснить причину этого явления.

О т в е т. Внутри к обручу надо предварительно прикрепить груз так, чтобы во время опыта он не был виден учащимся (рис. 6). Тогда при движении обруча вверх центр тяжести его C будет понижаться.

8. В один угол пустой папиросной коробки заранее поместить какой-нибудь небольшой тяжелый предмет (например, железную гайку). Положить коробку на край стола так, чтобы она на три четверти свешивалась, а та ее часть, в которой находится предмет, лежала бы на столе.

Участникам викторины, которые не знают о содержимом коробки, предложить ответить, почему коробка не падает.

О т в е т. Коробка будет находиться в равновесии потому, что ее центр тяжести, находящийся вблизи от тяжелого предмета, лежит над поверхностью ее опоры.

9. Составной деревянный брусок, сложенный из двух одинаковых по объему и форме половин, попробовать уравновесить, накладывая серединой на ребро треугольной призмы (рис. 7). Половина B перевесит. Если же, разняв брусок, положить его части на чашки весов, то перевесит другая половина A . Объяснить явление.

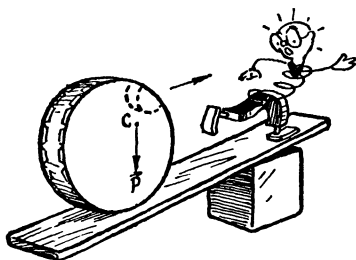


Рис. 6

О т в е т. Половина B , масса которой, как показывает взвешивание, меньше массы половины A , имеет цилиндрическую полость, правый конец которой закрыт свинцовой пробкой. Поэтому центр тяжести половины B лежит дальше от точки опоры C , и вращающий момент ее силы тяжести относительно этой точки больше, чем у половины A .

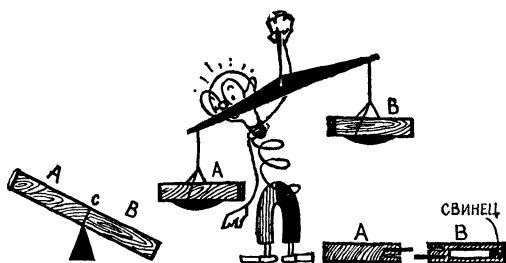


Рис. 7

10. Жестяную полоску уравновесить на острие карандаша. Нарушится ли равновесие, если согнуть один из концов полоски? Ответ проверить опытом.

О т в е т. Центр тяжести уравновешенной полоски совпадает с точкой опоры. Если согнуть, например, правый конец полоски, то центр ее тяжести C переместится влево (рис. 8) и не будет совпадать с точкой опоры, полоска упадет.

11. К двум гвоздям, находящимся на одной высоте, прикреплены концы цепочки длины l и концы двух шарнирно связанных между собой стержней, общая длина которых тоже равна l (рис. 9). Как узнать, чей центр тяжести расположен ниже — цепочки или стержней?

О т в е т. Потянув цепочку за среднее звено, приведем ее в такое же положение, которое занимают стержни. При этом будет совершена работа, за счет которой центр тяжести цепочки поднимется. Значит, центр тяжести свободно висющей цепочки лежит ниже, чем у шарнирно скрепленных стержней.

12. Из дерева выточить диск радиусом 5 см и толщиной 3 см. В диске по направлению диаметра высверлить канал диаметром 2 см, на дно которого положить свободно входящий свинцовый цилиндрический груз (рис. 10). Вто-

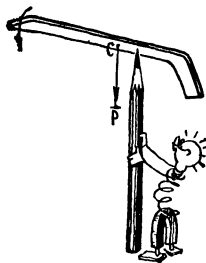


Рис. 8



Рис. 9

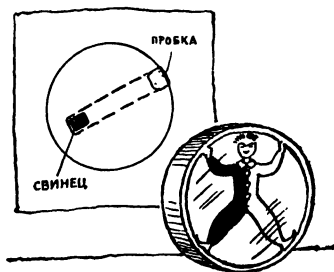


Рис. 10

рое отверстие канала заделать пробкой, а диск со всех сторон оклеить бумагой. На лицевой стороне диска нарисовать фигуру акробата. На гладком столе диск всегда будет перекачиваться так, что фигура расположится ногами вниз. Если, наклонив диск, передвинуть груз на противоположную сторону канала, то фигура расположится ногами вверх. Объяснить «секрет» устройства прибора.

О т в е т. В обоих случаях диск стремится двигаться так, чтобы его центр тяжести занял самое низкое положение.

13. На рисунке 11 изображен прибор, главной частью которого является картонный треугольник, прикрепленный к середине оси, опирающейся на две стойки. Повернуть треугольник вокруг оси на пол-оборота так, чтобы его основание оказалось внизу, а затем отпустить. Он повернется и снова установится основанием вверх. Как действует этот прибор?

О т в е т. Несмотря на то что отпущенный треугольник движется вверх, центр тяжести системы тел, состоящей из треугольника, оси нити и груза, понижается. Треугольник устанавливается основанием вверх под действием гири, которая скрыта внутри трубчатой стойки и подвешена на нити, намотанной на ось.

14. В щиток из фанеры вбить гвоздь, подвесить на него кольцо диаметром около 20 см, которое затем отвести немного в сторону (рис. 12, а). В каком месте внутри кольца надо вбить второй гвоздь, чтобы оно осталось в приданном ему положении? Ответ проверить опытом. (Вместо второго гвоздя можно воткнуть острое шило, которое легко выдержать обратно.)

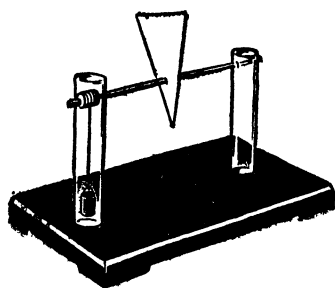


Рис. 11

О т в е т. Перенесем силы \vec{F} и \vec{F}_1 , с которыми оба гвоздя действуют на кольцо, в его центр тяжести (рис. 12, б). Кольцо останется в приданном ему положении, если уравновешивающая \vec{P}_1 силы тяжести \vec{P} будет диагональю параллелограмма, построенного на векторах \vec{F} и \vec{F}_1 . Но диагональ параллелограмма должна проходить внутри угла, образованного силами \vec{F} и \vec{F}_1 . Это выполняется только в том случае, если второй гвоздь вбит около дуги BCD .

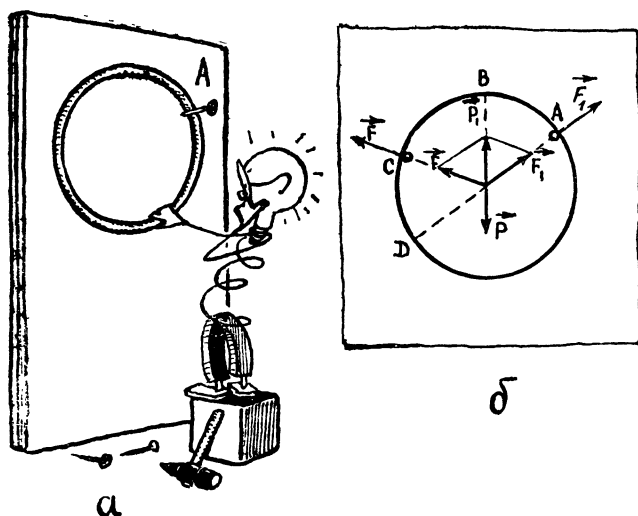


Рис. 12

15. На рычажных весах уравновесить песочные часы (рис. 13). Весь песок находится в нижнем сосуде часов. Сохранится ли равновесие во время пересыпания песка, если перевернуть часы и вновь поставить на чашку весов?

О т в е т. Равновесие не нарушится, так как песчинки, ударяясь в конце падения о песок в нижнем сосуде, действуют на него с силой, равной в среднем силе тяжести песчинок, участвующих в свободном падении.

16. Имеется 8 совершенно одинаковых по размеру и виду шаров. Однако в одном из них есть полость. Как определить, какой шар с полостью, пользуясь только чашечными весами, причем разрешается произвести только два взвешивания?

О т в е т. Положить на чашку весов по три шара. Здесь могут быть два случая:

1. Если весы будут в равновесии, искомым явится один из двух оставшихся шаров. Второе взвешивание этих двух шаров позволит найти шар с полостью.

2. Если одна из чашек перевешивает, искомым является один из трех шаров на другой чашке. Два

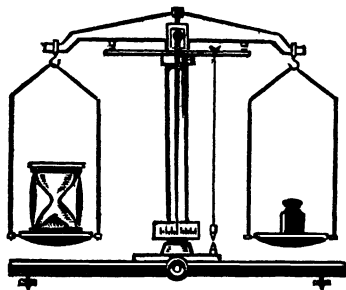


Рис. 13

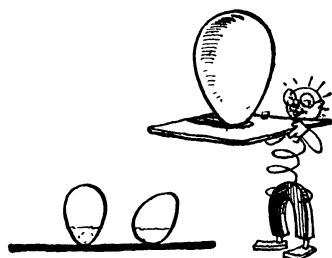


Рис. 14

из них кладут на чашки, по одному на каждую, и производят второе взвешивание. Искомый шар находится на той чашке, которая оказывается легче. Если же при втором взвешивании чашки находятся в равновесии, то искомым будет третий шар.

17. В скорлупе сырого куриного яйца просверлить тонким шилом две маленькие дырочки, через которые выдуть его содержимое. Когда внутренность скорлупы просохнет, в нее всыпать немного мелкого песка, после чего дырочки заклеить воском или сургучом. Заклеенные места закрасить белой краской. Показать учащимся, что такое яйцо сохраняет устойчивое равновесие в любом положении (рис. 14). Объяснить «секрет» устройства этого яйца.

О т в е т. Яйцо всегда находится в устойчивом равновесии, так как песок пересыпается вниз, поэтому центр тяжести яйца занимает самое низкое из возможных положений.

18. Правильная призма с квадратным основанием и цилиндр (рис. 15, а) имеют одинаковые высоты H и площади оснований S . Какое из этих тел опрокинется раньше, если постепенно наклонять плоскость, на которой они стоят? Ответ обосновать и проверить опытом.

О т в е т. Тело опрокидывается, когда вертикаль, пересекающая центр тяжести, проходит вне площади опоры этого тела. При наклоне призмы вокруг ребра нижнего основания на угол больше φ , а цилиндра на угол больше φ_1 это условие выполняется (рис. 15, б). Сторона основания призмы и радиус цилиндра соответственно равны:

$$a = \sqrt{S}, R = \sqrt{\frac{S}{\pi}}$$

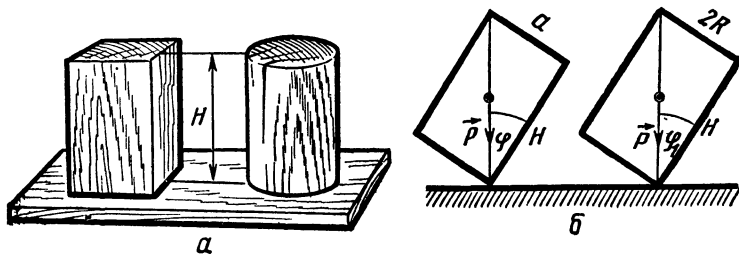


Рис. 15

следовательно,

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\sqrt{S}}{H}, \quad \operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{2}{H} \sqrt{\frac{S}{\pi}}.$$

Отсюда видно, что $\varphi < \varphi_1$, призма опрокинется раньше цилиндра.

19. Шар лежит на горизонтальной поверхности BC , касаясь наклонной стенки AB (рис. 16). Силу тяжести тела \vec{P} можно представить как сумму двух сил \vec{Q} и \vec{R} . Сила \vec{Q} , перпендикулярная стенке AB , уничтожается сопротивлением стены. А сила \vec{R} должна двигать шар вправо. Правильно ли это рассуждение? Если нет, то в чем ошибка?

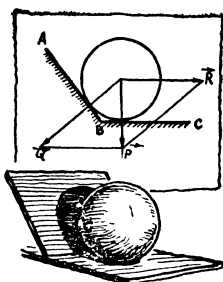


Рис. 16

О т в е т. Неправильно допущено существование силы сопротивления стены, так как шар на стену не давит, а его сила тяжести целиком уравновешивается реакцией горизонтальной поверхности.

20. В деревянную доску ввинтить крюк A (рис. 17) и на некотором расстоянии от него поставить в вертикальном положении деревянную стойку B , в вершину которой вбить небольшой гвоздик C . Один конец нити прикрепить к крючку A , нить натянуть и обернуть несколько раз вокруг гвоздика C , а за другой конец потянуть нить в горизонтальном направлении. Где оборвется нить: на участке AC или CD ? Ответ проверить опытом.

О т в е т. Нить оборвется на участке AC , так как сила, действующая на оттяжку AC , больше силы натяжения горизонтального участка CD , что видно из рассмотрения треугольника сил, построенного для данного случая.

21. На тонкой бечеве подвесить гирию, сила тяжести которой немного меньше предела прочности бечевы. Бечева остается целой. Затем бечеву натянуть между стойками

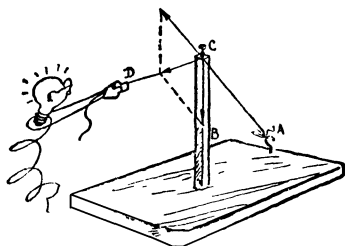


Рис. 17

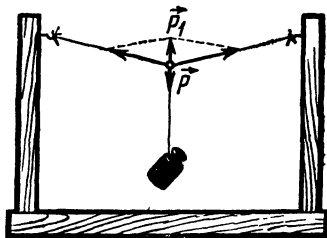


Рис. 18

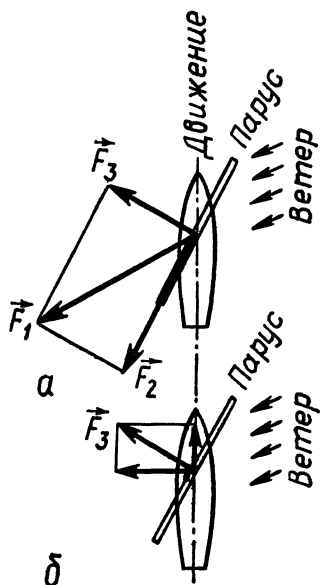


Рис. 19

мального давления на парус. В свою очередь сила \vec{F}_3 является суммой двух сил, направленных вдоль и поперек килевой линии (рис. 19, б). Первая из них гонит судно вперед под углом к ветру.

ПРОСТЫЕ МЕХАНИЗМЫ

23. На столе собрать установку по рисунку 20, а. Груз P уравнивает груз Q . Сохранится ли равновесие, если конец нити перенести с крючка A на крючок B ? Правильность ответа проверить опытом.

Ответ. Если грузы P и Q находятся в равновесии, то

$$|\vec{P}| = \frac{|\vec{Q}|}{2}.$$

Пусть конец нити закреплен в точке B . Силу \vec{Q} можно представить как сумму сил \vec{F} и \vec{F}_1 вдоль направления нитей (рис. 20, б). Очевидно, что

$$|\vec{F}| = |\vec{F}_1| > \frac{|\vec{Q}|}{2}.$$

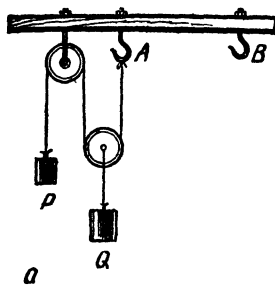
Следовательно, сила F_1 перетянет груз P и равновесие нарушится.

штатива и подвесить к ее середине ту же гирию. Бечева оборвется. Объяснить явление.

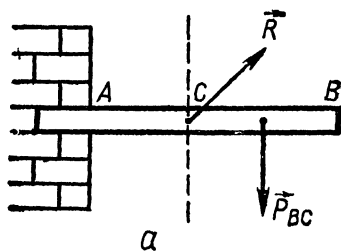
Ответ. Гирия, подвешенная к середине бечевы (рис. 18), может создать напряжение, превышающее предел ее прочности, и бечева оборвется.

22*. Как известно, парусное судно может двигаться против ветра зигзагами. Начертить схему расположения паруса судна относительно ветра и указать на ней векторы сил, действующих на парус.

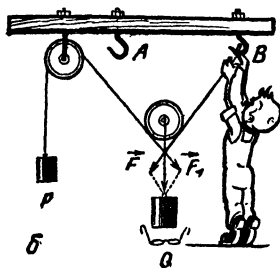
Ответ. Парус устанавливают так, чтобы его плоскость делила пополам угол между направлением хода судна и направлением ветра (рис. 19, а). Силу ветра \vec{F}_1 можно представить как сумму двух сил \vec{F}_2 и \vec{F}_3 . Сила \vec{F}_2 заставляет воздух скользить вдоль паруса, а сила \vec{F}_3 оказывает нор-



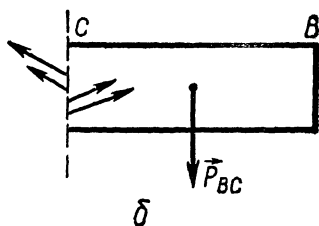
а



а



б



б

Рис. 20.

Рис. 21

24*. Консольная балка AB закреплена в стене (рис. 21, а). Рассечем ее мысленно в точке C и рассмотрим силы, действующие на правую часть балки. Ими являются \vec{P}_{BC} и сила \vec{R} , с которой левая часть балки действует на правую. Следовательно, эти силы уравниваются (так как балка находится в покое). Но, как бы ни была направлена сила \vec{R} , она не сможет уравновесить силы \vec{P}_{BC} , ибо эти силы не направлены по одной прямой. Объяснить противоречие.

Ответ. На правую часть балки действует со стороны левой не сила \vec{R} , а совокупность многих сил, приложенных в разных точках проведенного сечения, как это показано на рисунке 21, б. Их равнодействующая направлена вертикально вверх, равна по величине силе \vec{P}_{BC} и лежит с ней на одной прямой, поэтому силы уравниваются.

25. Привести пример рычага, который находится в равновесии под действием двух сил, причем, точка приложения большей силы должна отстоять дальше от точки опоры рычага, чем точка приложения меньшей силы?

Ответ. На рисунке 22 изображен такой рычаг. Точка приложения силы \vec{P}_1 отстоит от точки опоры дальше, чем силы \vec{P} , хотя $|\vec{P}_1| \gg |\vec{P}|$, но плечо этой силы меньше $h_1 < h$.

26*. Человек поднимается вверх, используя приспособление с неподвижным блоком, показанное на рисунке 23. Выигрывает ли он при этом в силе?

Ответ. Сила тяжести человека распределяется на два конца веревки, поэтому сила, которую прилагает человек к веревке, поднимаясь вверх, равна половине его силы тяжести.

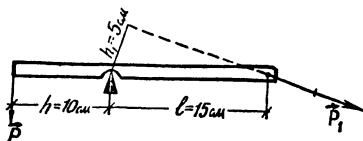


Рис. 22



Рис. 23

27*. Чтобы удержать доску в равновесии (рис. 24, а), человек прикладывает к веревке силу $|\vec{F}| = 150$ Н. Каков вес человека? Весом доски, блоков и веревки пренебречь.

Ответ. Так как на концы веревки, перекинутой через подвижный блок, действуют силы по $|\vec{F}|$ Н, то натяжение веревки, перекинутой через неподвижный блок, равно $2|\vec{F}|$ Н. Следовательно, в точке А на доску действует сила $2|\vec{F}|$ Н, в точке В — сила, равная $|\vec{F}|$ Н, а в точке В — сила $(|\vec{P}| - |\vec{F}|)$ Н (рис. 24, б). По условию равновесия:

$$2|\vec{F}| + |\vec{F}| = |\vec{P}| - |\vec{F}|.$$

Отсюда $|\vec{P}| = 4|\vec{F}| = 600$ Н. При невесомой доске равновесие возможно только в том случае, когда $BB = 2AB$. Так как отрезки АВ и ВВ обратно пропорциональны силам, приложенным к точкам А и В, т. е.

$$\frac{AB}{BB} = \frac{|\vec{F}|}{2|\vec{F}|},$$

то

$$BB = 2AB.$$

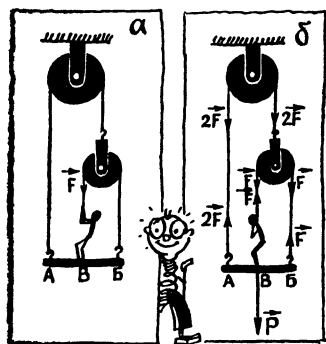


Рис. 24

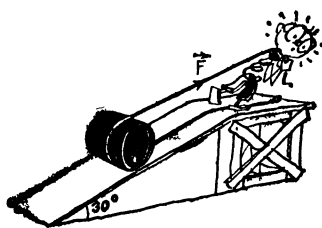


Рис. 25

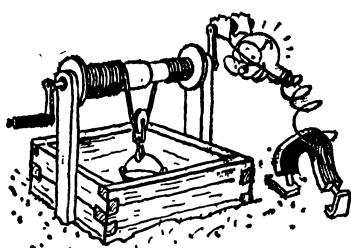


Рис. 26

28*. По наклонной плоскости (угол наклона плоскости к горизонту равен 30°) при помощи веревки (рис. 25) поднимают бочку. Какой выигрыш в силе получают при таком подъеме?

О т в е т. Применение веревки, перекинутой через бочку, дает выигрыш в силе в два раза, и использование наклонной плоскости тоже дает выигрыш в силе в два раза, следовательно, сила, прилагаемая к веревке для подъема бочки, меньше ее силы тяжести в четыре раза.

29*. Длина окружности толстого вала ворота равна l см, а тонкого — l_1 см (рис. 26). Длина окружности, которую описывает рукоятка, L см. На какую высоту поднимается груз при одном повороте рукоятки? Какой выигрыш в силе дает ворот? Каково преимущество этого ворота перед обычным воротом?

О т в е т. При одном обороте рукоятки на вал большого диаметра наматывается l см, а с вала меньшего диаметра сматывается l_1 см каната. Свободная часть каната укоротится на $(l - l_1)$ см. Следовательно, груз поднимется на высоту $\frac{l - l_1}{2}$ см. Из условия равенства работ

$$L |\vec{F}| = \frac{l - l_1}{2} |\vec{Q}|.$$

Следовательно, $|\vec{F}| = \frac{l - l_1}{2L} |\vec{Q}|$,

где \vec{F} — сила, приложенная к рукоятке, а \vec{Q} — сила тяжести груза.

Таким образом, при употреблении ворота, изображенного на рисунке 26, выигрыш в силе пропорционален разности длин окружностей валов, которую можно сделать весьма малой, а, стало быть, выигрыш в силе очень большим. Конечно, при этом мы во столько же раз проигрываем в расстоянии.

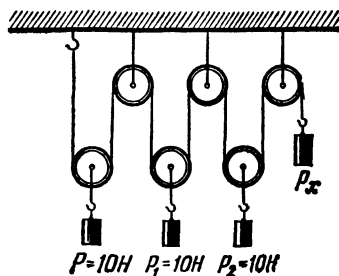


Рис. 27

30. Указать вес правого груза (рис. 27) для случая равновесия. Весом блоков пренебречь.

О т в е т. Вес грузов P , P_1 и P_2 распределяется на шесть участков сечевы. Поэтому сила ее натяжения, а следовательно, и вес груза P_x будут равны 5 Н.

ТРЕНИЕ

31*. Всегда ли сила трения тормозит движение тела? Может ли сила трения быть движущей силой?

О т в е т. Может. Например, у тепловозов, автомобилей, мотоциклов силой тяги является сила трения ведущих колес о рельсы или полотно дороги. Предметы на ленте конвейера приводятся в движение и движутся под влиянием силы трения.

32. Для уменьшения трения концы осей зубчатых колес в часах стремятся делать возможно тоньше. Не противоречит ли это известному факту, что трение практически не зависит от величины соприкасающихся поверхностей?

О т в е т. При уменьшении радиуса оси часового колеса уменьшается момент силы трения относительно ее центра, а следовательно, становятся меньше и потери на работу против сил трения.

33. Цилиндрический ящик диаметром 20 см и высотой 7 см наполнен песком. В песок зарыта легкая фигурка с грузом на ногах, а на его поверхность положен металлический шарик. При встряхивании ящика фигурка высвобождается из песка, а шарик тонет в нем. Объяснить явление.

П р и м е ч а н и е. Встряхивать ящик можно с помощью центробежной машины, связанной с ящиком эксцентрическим шарниром (рис. 28).

О т в е т. При встряхивании песка ослабляются силы трения между песчинками, он становится удобоподвижным и приобретает свойства жидкости. Поэтому тяжелые тела «тонут» в песке, а легкие «всплывают».

34. Один из участников викторины удерживает в горизонтальном положении метровую деревянную линейку двумя вытянутыми указательными пальцами, расположенными у ее концов. Нарушится ли равновесие линейки, если, оставляя одну руку неподвижной, приближать к ней другую или если сблизить обе руки?

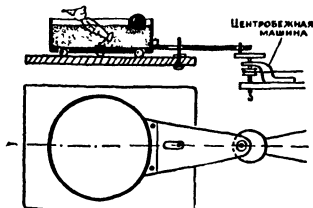


Рис. 28

О т в е т. Скользит под линейкой лишь тот палец, который стоит дальше от центра тяжести линейки, так как он испытывает меньшую нагрузку и меньшее трение. Его скольжение прекращается, как только он окажется ближе к центру тяжести линейки, чем другой палец. Тогда начинает скользить этот последний. Так пальцы несколько раз меняются ролями, причем линейка все время сохраняет равновесие.

35. Из жести или дерева изготовить яйцо, состоящее из двух соединяющихся половинок с отверстиями по диаметру, через которые пропустить нить. В центре яйца перпендикулярно нити (рис. 29) укрепить пробку. Один конец нити прикрепить к стене, другой взять в руку. При слабом натяжении яйцо будет быстро скользить вниз. Натягивая нить, его можно остановить в любом месте. Разгадать «секрет» устройства этого прибора.

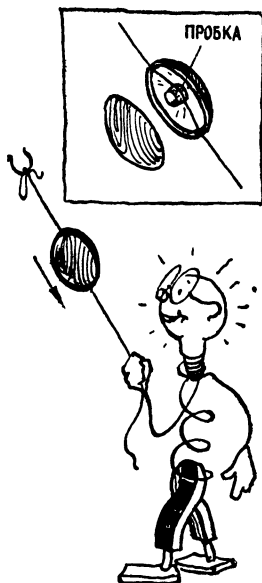


Рис. 29

О т в е т. При натяжении нити сила трения ее о пробку увеличивается и яйцо останавливается.

ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ МЕХАНИКИ

36. На лист бумаги поставить графин с водой и тянуть за бумагу до края стола, после чего резко дернуть в горизонтальном направлении (рис.30). Графин останется на краю стола. Объяснить явление.

О т в е т. Графин перемещается вследствие силы трения, существующей между его дном и бумагой. Эта сила, однако, недостаточна, чтобы сообщить ему такое же ускорение, которое получает бумага, когда мы ее резко дергаем, и графин остается на краю стола.

37. Десять шашек поставить одну на другую. Быстрым

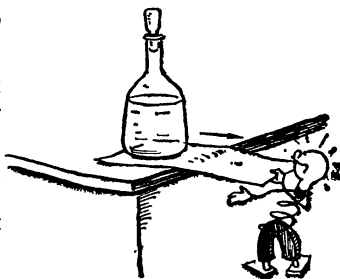


Рис. 30



Рис. 31

движением линейки выбить нижнюю шашку. Она вылетит, а остальные шашки останутся стоять одна на другой. Объяснить явление.

О т в е т. См. ответ к задаче 36.

38. На горлышко бутылки (от кефира) поставить кольцо диаметром около 15 см, склеенное из плотной бумаги, и точно над отверстием бутылки положить на кольцо монету в 10 коп. (рис. 31). Внутри кольца ввести палочку и резко ударить ею по кольцу в горизонтальном направлении. Кольцо отлетит в сторону, а монета упадет в бутылку. Объяснить явление.

О т в е т. См. ответ к задаче 36.

39. Какая из двух тележек (рис. 32) быстрее доедет до края стола? Массы тележек одинаковы.

О т в е т. Сила тяжести гири сообщает ускорение двум телам: самой гире и тележке; сила руки приложена только к тележке, следовательно, в этом случае тележка будет двигаться с большим ускорением.

40. Малый блок, сила тяжести которого 1Н, заклинен, и система грузов и блоков (рис. 33) находится в равновесии. Что произойдет с грузами, если освободить малый блок? Объяснить явление. Ответ проверить на опыте.

О т в е т. В этом случае груз $|\vec{P}| = 3 \text{ Н}$ перегянет и начнет опускаться, а груз $|\vec{Q}| = 2 \text{ Н}$ подниматься с некоторым ускорением $|\vec{a}| < |\vec{g}|$. По второму закону Ньютона движение этих грузов в проекции

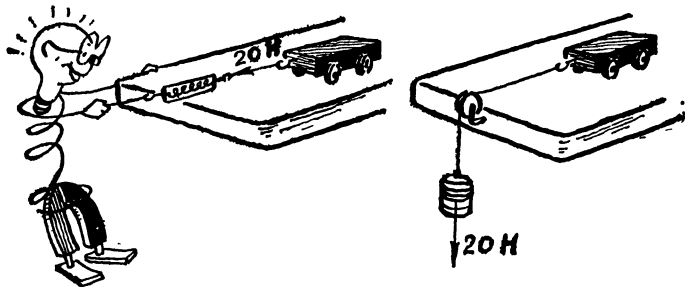


Рис. 32

на вертикальную ось характеризуется формулами:

$$P - F = \frac{P}{g} a, \quad F - Q = \frac{Q}{g} a,$$

где F — проекция силы натяжения нити, на концах которой висят грузы P и Q . Тогда сумма проекций сил, прилагаемых к малому блоку движущимися грузами, равна:

$$2F = (P + Q) - (P - Q) \frac{a}{g}.$$

Отсюда очевидно, что $2|\vec{F}|$ меньше, чем $|\vec{P}| + |\vec{Q}|$, с которой грузы P и Q действовали на малый блок, когда он был заклинен. Поэтому груз в 6 Н опустится.

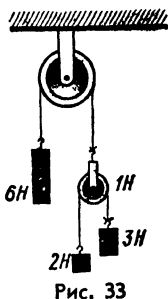


Рис. 33

41*. Грузы с массами $m = 2$ кг, $m_1 = 3$ кг и $m_2 = 4$ кг висят на нитях, перекинутых через невесомые блоки (рис. 34, а). Части нитей, не лежащие на блоках, вертикальны. Как меняется расстояние h между гириями 2 и 4 кг, если система предоставлена сама себе?

Ответ. На гирию 2 кг действуют силы $m\vec{g}$ и \vec{T} , на гирию 4 кг — в два раза большие силы: $2m\vec{g}$ и $2\vec{T}$ (рис. 34, б). Так как на вдвое большую массу в том же направлении действует и в два раза большая равнодействующая сила, то ускорения грузов равны. Значит, расстояние h между грузами в 2 и 4 кг не меняется.

42. Два шара, соединенные невесомой, нерастяжимой нитью, лежат на гладкой горизонтальной поверхности. У правого шара масса больше. С одной и той же силой тянут вначале правый шар вправо, а затем левый — влево. В обоих случаях сила сообщает системе (два шара и нить) одно и то же ускорение. Одинаково ли натяжение нити в этих двух случаях? Если нет, то в каком случае оно больше?

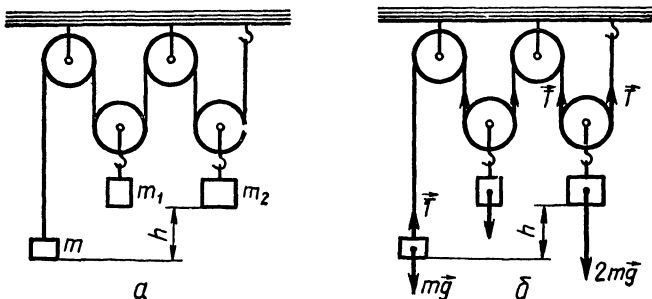


Рис. 34

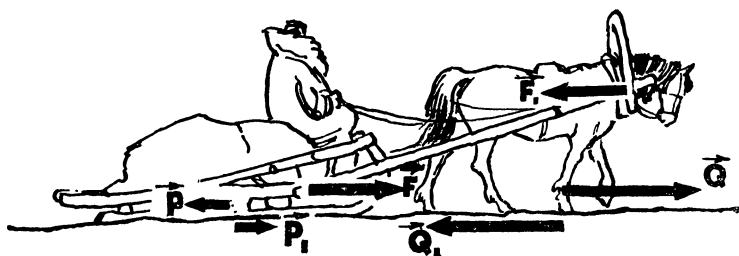


Рис. 35

О т в е т. В обоих случаях система движется с одним и тем же ускорением, следовательно, это ускорение в первом случае нить сообщает телу меньшей массы, чем во втором случае. Соответственно и натяжение нити в первом случае меньше.

43*. По третьему закону Ньютона сила, с которой лошадь действует на сани, равна силе, с которой сани действуют на лошадь. Почему же сани всегда движутся за лошадью, а не наоборот?

О т в е т. На рисунке 35 изображены силы взаимодействия между лошадью и санями ($\vec{F} = -\vec{F}_1$), силы трения, действующие между лошадью и землей ($\vec{Q} = -\vec{Q}_1$) и между санями и землей ($\vec{P} = -\vec{P}_1$). Рисунок показывает, что если найти равнодействующую сил \vec{Q} и \vec{F}_1 , приложенных к лошади, и сил F и P , приложенных к саням, то они будут направлены в одну сторону — в сторону тяги лошади. Если $|\vec{Q}| = |\vec{F}_1|$ и $|\vec{F}| = |\vec{P}|$, то движение саней и лошади будет равномерным.

44*. Привести примеры использования реактивного движения из жизни живой природы.

О т в е т. 1. *Сальпа* — морское животное с прозрачным телом, при движении принимает воду через переднее отверстие, причем вода попадает в широкую полость, внутри которой по диагонали натянута жабра. Как только животное делает большой глоток воды, отверстие закрывается. Тогда продольные и поперечные мускулы сальпы сокращаются, все тело сжимается и вода через заднее отверстие выталкивается наружу. Реакция вытекающей струи толкает сальпу вперед.

2. *Кальмар* является самым крупным беспозвоночным обитателем океанских глубин. Он передвигается по принципу реактивного движения, вбирая в себя воду, а затем с огромной силой проталкивая ее через особое отверстие — «воронку», и с большой скоростью (до 70 км/ч) двигается толчками назад. При этом все десять щупалец кальмара собираются в узел над головой и он приобретает обтекаемую форму.

45*. По закону всемирного тяготения все тела притягиваются друг к другу под действием гравитационных сил.

Привести пример, когда при сближении двух тел сила притяжения между ними уменьшается.

О т в е т. Такими телами являются, например, сделанные из любого материала кольцо и маленький шарик, расположенный на оси кольца, перпендикулярной его плоскости (рис. 36). По мере приближения шарика к кольцу сила их взаимного притяжения сначала увеличивается, а затем уменьшается до нуля, так как вблизи плоскости кольца притяжения отдельных его частей почти уравниваются (см. на рис. 36 график зависимости силы притяжения от расстояния l между шариком и кольцом).

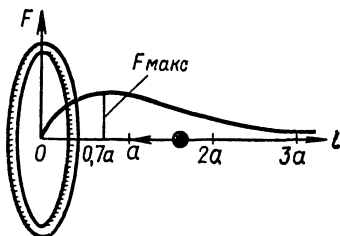


Рис. 36

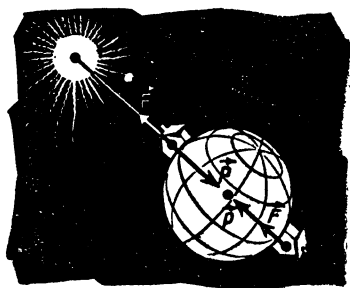


Рис. 37

46*. Как влияет притяжение Солнца на вес тел, расположенных на поверхности Земли со стороны Солнца и с

противоположной стороны (рис. 37)? На рисунке \vec{P} — сила притяжения предмета Землей; \vec{F} — сила притяжения его Солнцем.

О т в е т. Наша планета подобна космическому кораблю, совершающему вечное орбитальное движение вокруг Солнца. Солнце сообщает и грузу, и Земле, на которой он находится, одинаковое центростремительное ускорение. Поэтому вес тела (где бы оно ни находилось на поверхности Земли) под действием солнечного притяжения не может ни увеличиться, ни уменьшиться. См. также ответ к задаче 49.

ВРАЩАТЕЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ

47. Как положить находящийся на столе шарик в банку, не прикасаясь к нему руками и не подкатывая его к краю стола?

О т в е т. Накрывать шарик банкой, круговыми движениями заставить его кататься по стенкам банки и затем быстро повернуть банку дном вниз.

48. «Непослушные шарики» (рис. 38). Показать прибор, представляющий собой деревянную колодку толщиной 1,5 см с полукруглой выемкой и двумя полочками по краям.

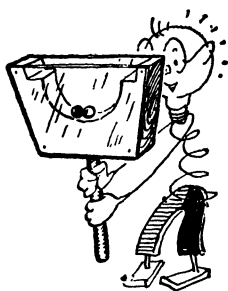


Рис. 38

С боков колodka закрыта прозрачными стенками из плексигласа, а сверху — деревянной крышкой. Внутри находятся два шарика диаметром 1 см. Как разложить шарики по полочкам?

Ответ. Наклоном прибора сделать это не удастся. Надо расположить прибор вертикально и быстро повернуть вокруг оси. Шарики разлетятся в стороны и займут место на полочках.

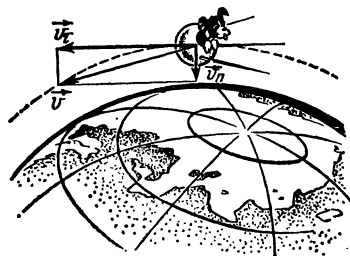


Рис. 39

49*. Можно ли утверждать, что при движении искусственного спутника по орбите вокруг Земли последняя перестает притягивать находящиеся на спутнике предметы?

Ответ. Нет. Сила притяжения Земли никогда не исчезает. Движение спутника по орбите можно рассматривать как результат геометрического сложения двух движений:

- 1) падения спутника и всех предметов, на нем находящихся, с одинаковым ускорением к центру тяжести Земли, вследствие чего они не оказывают давления друг на друга (невесомость);
- 2) движения по касательной к орбите со скоростью более 7,9 км/с (рис. 39).

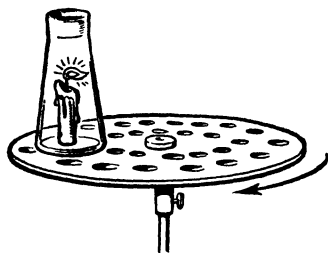


Рис. 40

50. На центробежной машине укрепить диск от сирены, на него поставить зажженную свечу и закрыть ее стеклянной воронкой или коническим сосудом от прибора «парадокс Паскаля» (рис. 40). При вращении диска пламя отклонится к оси вращения. Объяснить явление.

Ответ. Воздух имеет большую плотность, чем пламя, он стремится при вращении удалиться как можно дальше от оси вращения и оттесняет к ней пламя.

51. В изогнутую стеклянную трубку, укрепленную в обойме и наполненную водой (рис. 41, а), поместить два ша-

рика — металлический (белый) и пробковый (черный). Привести трубку во вращение со скоростью 2—3 об/с и затем резко остановить. Легкий шарик окажется внизу около оси вращения (потонет), а тяжелый — наверху (всплывет) (рис. 41, б). Объяснить явление.

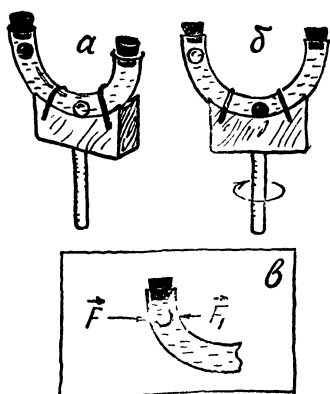


Рис. 41

О т в е т. Чтобы шарик массы m описывал окружность радиуса r , на него должна действовать сила $|\vec{F}| = m\omega^2 r$, направленная к центру этой окружности (ω — угловая скорость вращения прибора). Вода действует на шарик с силой $|\vec{F}_1| = m_1\omega^2 r$, где m_1 — масса воды в объеме шарика.

Для металлического шарика $m_1 < m$ и $|\vec{F}_1| < |\vec{F}|$. Поэтому сила \vec{F}_1 не может удержать его на окружности и он, двигаясь по инерции, окажется на конце трубки. Для пробкового шарика $m_1 > m$ и $|\vec{F}_1| > |\vec{F}|$. Поэтому вода оттесняет его к центру прибора.

52. Бумеранг — метательное оружие австралийских аборигенов — обладает замечательной способностью возвращаться после броска назад к охотнику (рис. 42, а). Продемонстрировать полет картонной модели бумеранга (рис. 42, б). Объяснить, как действует бумеранг.

О т в е т. Вследствие вращения бумеранг при полете сохраняет свою ориентировку в пространстве. При этом он «ввинчивается» в воздух и потому движется по восходящей траектории. Когда энергия поступательного движения, сообщенная бумерангу при броске, иссякнет,

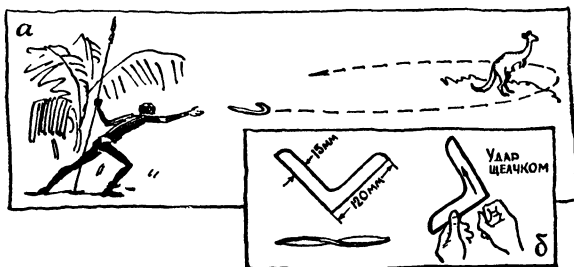


Рис. 42

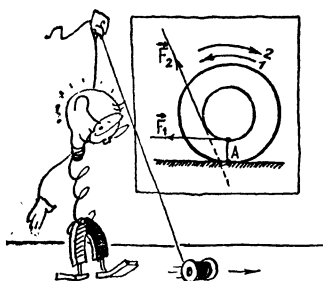


Рис. 43

он, продолжая вращаться, начинает падать. Однако он падает не вертикально, а из-за сопротивления воздуха, скользя по нему, как по наклонной плоскости, возвращается обратно.

53. Как, потянув к себе намотанную на катушку нить, заставить катиться катушку от себя? Ответ проверить опытом.

Ответ. Линия соприкосновения катушки с полом является мгновенной осью вращения. Как видно из рисунка 43, горизонтально направ-

ленная сила натяжения нити \vec{F}_1 имеет относительно этой оси момент, вращающий катушку в направлении 1 против часовой стрелки. При этом катушка будет двигаться к экспериментатору. Однако при достаточно большом наклоне нити момент силы натяжения нити \vec{F}_2 относительно той же оси вращает катушку в направлении 2, по часовой стрелке, и катушка убегает от экспериментатора.

54*. Могут ли работать центробежные механизмы (сепараторы, насосы, регуляторы) на искусственном спутнике Земли?

Ответ. Да, смогут, так как в условиях невесомости инертность тел сохраняется.

55. Круг радиуса R обкатывает неподвижное кольцо радиуса $4R$ (рис. 44, а) и делает вокруг него один оборот. Сколько раз он обернется при этом вокруг своей оси?

Ответ. Мысленно разрежем кольцо в точке B , распрямим его четвертую часть AB и прокатим круг по получившемуся прямолинейному участку AB (рис. 44, б), круг сделает один оборот вокруг своей оси. Снова восстановим кольцо (рис. 44, в). При этом круг повернется еще на $1/4$ часть оборота. Таким образом, прокатившись по $1/4$ части

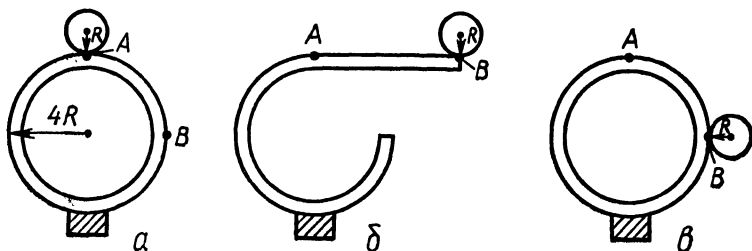


Рис. 44

кольца, круг сделает $1\frac{1}{4}$ оборота вокруг своей оси, и, следовательно, прокатившись по всему кольцу, — 5 оборотов (а не 4, как может показаться с первого взгляда).

56. Бутылку до половины наполнить водой и опустить на ее поверхность пробочный поплавок с отверстием в середине. В это отверстие свободно продеть спицу, другой конец которой закрепить в пробке, затыкающей бутылку. Нижний конец спицы немного погрузить в воду (рис. 45). Как, не открывая бутылки, снять поплавок со спицы?



Рис. 45

О т в е т. Надо заставить воду вращаться. Тогда на поверхности воды образуется воронкообразное углубление, в которое опустится поплавок. При этом он сползет со спицы.

РАБОТА И ЭНЕРГИЯ

57. С наклонной плоскости скатываются две одинаковые бутылки, имеющие одинаковые массы, наполненные одна водой, а другая — смесью песка с древесными опилками. Бутылка с водой скатывается быстрее. Объяснить явление.

О т в е т. При скатывании первой бутылки наполняющая ее вода (кроме тонкого слоя, прилегающего к стенкам) не вращается. Поэтому потенциальная энергия этой бутылки почти полностью превращается в кинетическую энергию поступательного движения.

При скатывании второй бутылки значительная часть ее потенциальной энергии превращается в кинетическую энергию вращательного движения, так как бутылка вращается вместе с ее содержимым как одно целое. Поэтому кинетическая энергия поступательного движения (а следовательно, и скорость скатывания) первой бутылки будет больше, чем второй.

58. На граненый стеклянный стакан положить дощечку, а на нее поставить тяжелую гирю. По гире ударить небольшим молотком. Стакан не разобьется. Объяснить явление.

О т в е т. Если масса молотка m значительно меньше массы гири M , то скорость гири после удара $|\vec{u}|$ (считая удар абсолютно упругим), как показывает формула $|\vec{u}| = 2|\vec{v}| \frac{m}{M}$, будет мала ($|\vec{v}|$ — модуль скорости молотка до удара). Поэтому и кинетическая энергия движущейся гири $\frac{Mu^2}{2}$ будет мала, ее не хватит, чтобы совершить работу разрушения стенок стакана.

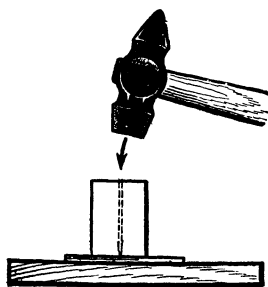


Рис. 46

тинке отверстие. Объяснить явление.

О т в е т. Так как игла очень остра, при ударе молотком давление иглы на пластинку достигает большого значения. Например, если площадь острия $0,001 \text{ см}^2$, а к игле приложена сила 10 Н , возникает давление $p = \frac{10 \text{ Н}}{0,001 \text{ см}^2} = 10\,000 \frac{\text{Н}}{\text{см}^2}$. (Пробка нужна для того, чтобы при ударе игла не гнулась и не ломалась.)

60. Положить в дугообразный деревянный желоб (длиной 70 см и стрелкой прогиба 4—5 см) 6—7 крупных шариков от шарикоподшипника (рис. 47). Отвести в сторону и предоставить скатываться одному, затем двум шарикам. Почему после удара скатывающегося шара об остальные неподвижные шары с противоположной стороны отскакивает только один, если скатывались два, соответственно два шара. Объяснить явление.

О т в е т. Если при абсолютно упругом прямом ударе двух одинаковых шаров один до удара покоился, то, как известно из теории, после удара покоившийся шар начнет двигаться со скоростью, равной той, которую имел первый шар до удара, а ранее двигавшийся останавливается. В данной установке при ударе одного шара по остальным происходит ряд последовательных абсолютно упругих прямых ударов одного шара о другой с теми же результатами. Шары 1—6, передавая свою энергию друг другу, останавливаются, а последний (7-й) отскакивает со скоростью, которую имел первый шар в момент удара. Так же можно объяснить результат одновременного удара двух шаров.

61*. Сжатая спиральная пружина обладает большей энергией, чем несжатая. Если растворить пружину в сжатом состоянии в кислоте, то ее потенциальная энергия исчезнет. Не противоречит ли это закону сохранения энергии?

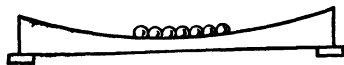


Рис. 47

О т в е т. Нет. Температура кислоты после растворения сжатой пружины оказывается выше, чем в том случае, если пружина несжата.

Следовательно, потенциальная энергия сжатой пружины превращается во внутреннюю энергию раствора.

62. На дно сосуда с водой погрузить открытый стакан: один раз дном вверх, другой раз дном вниз. В каком из этих случаев работа, затраченная на погружение, будет больше? Вода из сосуда не выливается и в стакан, погружаемый дном вниз, не вливается.

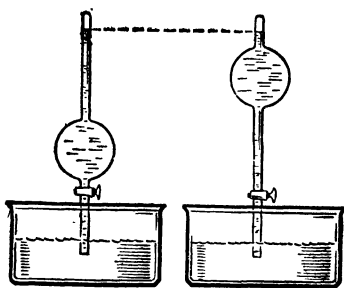


Рис. 48

О т в е т. При погружении стакана дном вверх в него частично входит вода. Поэтому объем вытесненной воды, а следовательно, и выталкивающая сила будут меньше, чем при погружении стакана дном вниз. Значит, и работа, совершенная для преодоления архимедовых сил, будет в первом случае меньше, чем во втором.

63. Нижние концы двух трубок одинакового объема, заполненные разреженным воздухом одинакового давления, опустили в два одинаковых сосуда с водой (рис.48). Уровни жидкости в обоих сосудах одинаковы. Когда открыли краны, атмосферное давление подняло воду в трубках на одинаковую высоту. Уровни воды в сосудах тоже опустились одинаково, следовательно, работа атмосферного давления в обоих случаях была одинаковой. Между тем очевидно, что вода во второй трубке приобрела большую потенциальную энергию, чем в первой. Как объяснить это противоречие?

О т в е т. Работа силы атмосферного давления пошла не только на увеличение потенциальной энергии воды, входящей в трубки. Вследствие трения и сжатия воздуха в трубках вода нагрелась и ее внутренняя энергия увеличилась. Очевидно, вода в первой трубке приобрела более высокую температуру и внутреннюю энергию, чем вода во второй трубке.

ПРОЕКТЫ ВЕЧНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

64*. Двигатель (рис. 49) представляет собой колесо, снабженное откидными стержнями с грузами на концах. По мысли изобретателя, колесо должно непрерывно вращаться по часовой стрелке, так как грузы на правой стороне будут все время откинуты дальше от центра, чем грузы на левой стороне. Почему расчет изобретателя не оправдывается?

О т в е т. Хотя грузы на правой стороне всегда расположены дальше от центра, их число всегда меньше, чем на левой стороне. В результате оказывается, что сумма моментов грузов, стремящихся повернуть колесо по часовой стрелке, всегда равна сумме моментов грузов, стремящихся повернуть его против часовой стрелки. Поэтому вся система уравнивается.

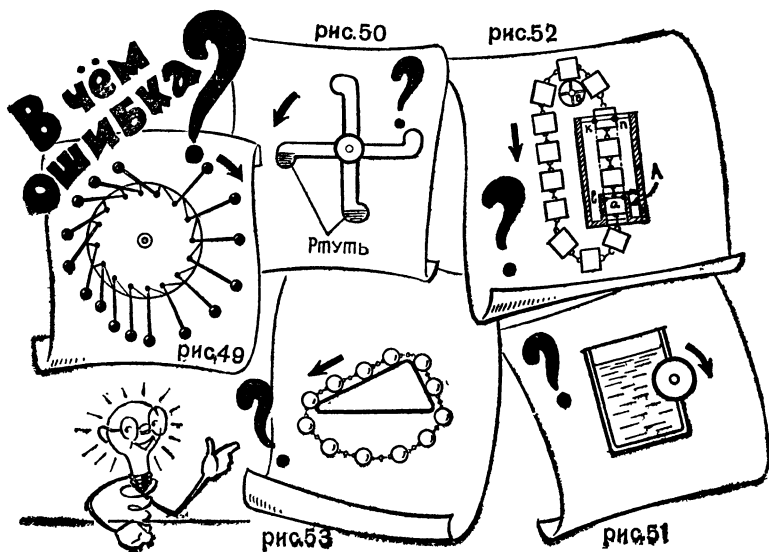
65*. Двигатель (рис. 50) состоит из двух частично заполненных ртутью трубок, накрест соединенных между собой и закрепленных на валу.

По мысли изобретателя, когда трубка, приняв горизонтальное положение, наклоняется затем влево, ртуть из правого колена переливается в левое, которое перетягивает и поворачивает колесо. То же происходит и с другой трубкой и т. д. В чем ошибка автора проекта?

О т в е т. Когда трубки расположатся под углом 45° к горизонту, ртуть перельется в их нижние колена, причем правое колено будет уравнивать левое.

66*. Двигатель (рис. 51) состоит из бака, в стенке которого сделан вырез, плотно закрытый деревянным валом. На погруженную в воду левую часть вала действует выталкивающая сила Архимеда, которая должна вращать колесо. Указать ошибку в этом рассуждении.

О т в е т. Все силы давления воды на вал направлены перпендикулярно его поверхности, т. е. по радиусам вала. Поэтому моменты этих сил относительно оси вала равны нулю и вал не будет вращаться.



67*. Двигатель представляет собой бесконечную цепь с поплавками. Правая сторона цепи проходит через сосуд с водой (рис. 52). По мысли автора, поплавки, стремясь всплыть, будут вращать колесо *B*, через которое переброшена цепь, и машина будет работать без затраты энергии. Найти ошибку в этом рассуждении.

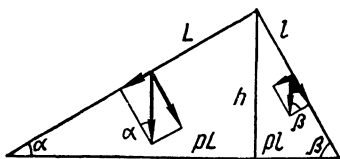


Рис. 54

Ответ. Сила гидростатического давления, действующая вниз на поплавок *a*, больше выталкивающей силы, приложенной к остальным поплавкам, находящимся в сосуде.

Действительно, первая из них равна весу воды в объеме столба *klmn* (рис. 52), вторая — весу воды в объеме поплавков, который меньше объема *klmn*. Следовательно, поплавки будут двигаться вниз за счет уменьшения потенциальной энергии столбиков воды, находящихся между ними. При этом часть воды будет периодически захватываться поплавками, проходящими через трубку *A*, и выливаться наружу.

Для пополнения сосуда водой придется затрачивать энергию.

68*. Двигатель (рис. 53) представляет собой бесконечную цепь с нанизанными на ней грузами, перекинутую через призматическое тело. Изобретатель полагал, что грузы на левой наклонной плоскости, которых больше, чем на правой, будут перетягивать и цепь будет вечно двигаться против часовой стрелки. Указать ошибку в рассуждениях автора проекта.

Ответ. Обозначим силу тяжести одного метра цепи с грузами через ρ , а длины боковых граней призмы через L и l (рис. 54). Общая весовая нагрузка на левую грань будет равна ρL , а на правую ρl . Составляющие этих сил, действующие вдоль граней, равны между собой, т. е. $\rho L \sin \alpha = \rho l \sin \beta$, так как $L \sin \alpha = l \sin \beta = h$. Следовательно, части цепи, лежащие на гранях, будут уравновешиваться, и она останется в покое.

КОЛЕБАТЕЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ И ЗВУК

69. Маятник Фуко. К потолку с помощью подвеса Кардана прикрепить один конец железной проволоки длиной 2—3 м и диаметром 1 мм, а к другому ее концу привязать шар в 40—50 Н (рис. 55). Свет проекционного фонаря, из которого удалены конденсор и объектив, направить на шар и получить на экране его теньевую проекцию на фоне черного вертикального шнура, расположенного в непосредственной близости от экрана. Отвести маятник на 4—5° от положе-

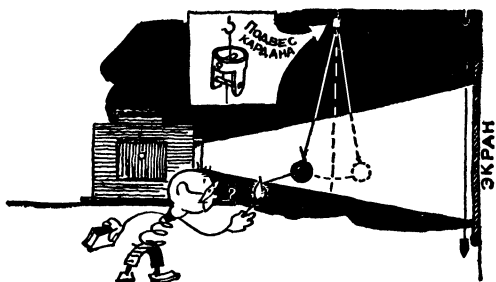


Рис. 55

ния равновесия и закрепить нить в плоскости, проходящей через фонарь и шнур. Пережечь нить. Тень колеблющегося маятника будет сначала двигаться вдоль шнура, а затем сойдет с него. Объяснить явление.

О т в е т. Тень шара сходит с направления, обозначенного шнуром, потому что плоскость колебания маятника сохраняет свое положение в пространстве, а стены класса вращаются вместе с Землей против часовой стрелки.

70. К деревянному щиту прикреплены два цилиндрических сосуда, наполненные до половины водой и соединенные между собой посередине резиновыми трубками с зажимами K_1 , K_2 (рис. 56). Если отклонить прибор в сторону и предоставить ему качаться около оси O при открытом зажиме K_2 и закрытом K_1 , то прибор до остановки совершит 15—20 качаний; если же оба зажима открыты, то 1—2 качания. Объяснить явление. Какое практическое значение оно имеет?

О т в е т. 1. При закрытом зажиме K_1 прибор колеблется вместе с водой как одно целое. Если оба зажима открыты, то столб воды в

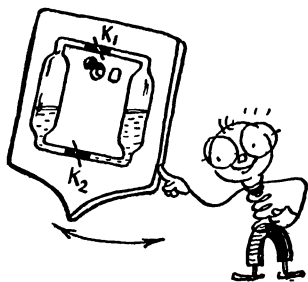


Рис. 56

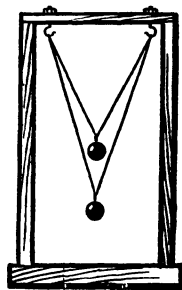


Рис. 57

сосудах колеблется в фазе, противоположной фазе колебания щита. Вследствие трения воды о стенки сосудов колебания быстро затухают.

2. Это явление используется при устройстве успокоителей качки судов, которые состоят из двух больших цистерн, заполненных наполовину водой и соединенных между собой трубами. Под действием качки судна вода переливается из одной цистерны в другую и значительно уменьшает качку.

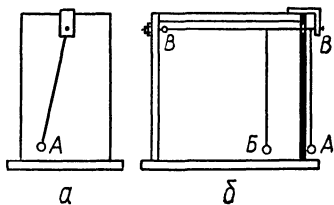


Рис. 58

71. На штативе подвесить бифилярно два маятника (рис. 57). Как, не дотрагиваясь до маятников, привести только один из них в интенсивное колебательное движение?

О т в е т. Надо сообщать небольшие толчки штативу в такт колебаниям одного из маятников. Получая с каждым толчком новый запас энергии, он постепенно раскачивается (резонанс). Эти толчки не смогут сильно раскачать второй маятник, так как он имеет другой период колебаний.

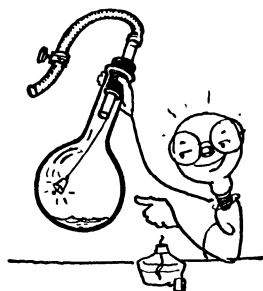


Рис. 59

72. *Удивительный маятник.* Маятник, подвешенный на фоне фанерного экрана (рис. 58, а), отвести в сторону и отпустить. Через некоторый промежуток времени колебания маятника прекратятся, но затем постепенно он снова раскачивается, причем максимальная амплитуда его колебаний достигает почти прежней величины. Так повторится 2—3 раза. Объяснить «секрет» устройства прибора и загадочное поведение маятника.

О т в е т. Устройство прибора ясно из рисунка 58, б. Энергия колебания маятника А передается маятнику В через проволоку ВВ, на которой они подвешены. Когда маятник А остановится, амплитуда колебаний маятника В станет максимальной. После этого энергия колебания начнет перетекать обратно от маятника В к маятнику А.

73. В штативе укрепить круглодонную колбу, закрытую резиновой пробкой с проходящей сквозь нее стеклянной трубкой. К нижнему концу трубки на короткой нитке подвесить маленький колокольчик или бубенчик, а на верхний конец надеть небольшой отрезок резиновой трубки с зажимом. В колбу налить немного воды (рис. 59).

Вынуть пробку из колбы и нагреть воду до кипения. Через 3 мин после начала кипения вставить пробку с

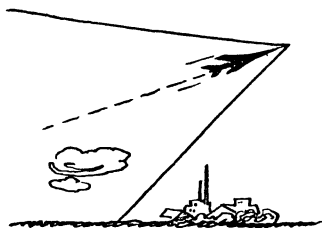


Рис. 60

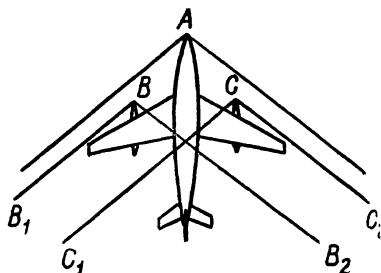


Рис. 61

бубенчиком обратно в колбу и быстро отодвинуть спиртовку. После того как колба остынет, раскачать ее, заставляя звучать бубенчик. На расстоянии одного метра звон совершенно не слышен. Звон значительно усиливается, если открыть зажим. Объяснить явление.

О т в е т. Пары кипящей воды вытесняют из колбы воздух. После того как колбу захрюют пробкой, пары конденсируются и в колбе образуется разреженное пространство, в котором звук распространяется плохо.

74*. Как объяснить происхождение сильного, напоминающего взрыв звука, который доходит до нас от пролетающего реактивного самолета?

О т в е т. Перед летящим со сверхзвуковой скоростью самолетом образуется ударная волна — конический слой воздуха, в котором на расстоянии нескольких сотых долей сантиметра происходит резкое увеличение давления и плотности (рис. 60). Ударная волна движется со скоростью самолета и, доходя до наблюдателя, оказывает сильное действие на его органы слуха.

75*. Когда самолет летит со сверхзвуковой скоростью, звук от его двигателей B и C (рис. 61) заполняет два конуса B_1BB_2 и C_1CC_2 . Летчик находится в точке A вне этих конусов. Слышит ли он звук двигателей?

О т в е т. Да, звук от двигателей доходит до летчика по наполняющему самолет воздуху, который движется вместе с самолетом, но остается неподвижным относительно летчика и двигателей.

76. С помощью звукового генератора заставить звучать репродуктор и медленно приближать его к боковой стене аудитории. Звук, воспринимаемый наблюдателями, будет то усиливаться, то ослабевать. Объяснить явление.

О т в е т. Опыт объясняется интерференцией звуковых волн — прямой, идущей от репродуктора, и отраженной от стены. При движении репродуктора разность хода волн до наблюдателя изменяется, что и приводит к периодическим изменениям силы звука.

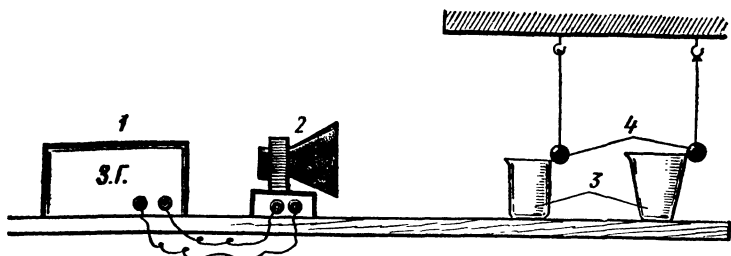


Рис. 62

77. Собрать установку по рисунку 62. На рисунке 1 — звуковой генератор; 2 — репродуктор; 3 — тонкостенные химические стаканы (или мензурки) разного размера; 4 — подвешенные к штативам маленькие стеклянные шарики (например, бусы), которые слегка касаются краев стаканов. Включив генератор, заставить репродуктор звучать. Изменяя частоту звука, добиться, чтобы шарики отскакивали поочередно — сначала только от более близкого к репродуктору стакана, а затем только от более удаленного. Объяснить явление.

О т в е т. Стенки стаканов начинают колебаться под влиянием звуковой волны, когда частота звука станет равной их собственной частоте, т. е. наступит звуковой резонанс.

78*. Ножку звучащего камертона приложить к столу. Звук усилится и станет слышен по всей комнате. Не противоречит ли это явление закону сохранения энергии, ведь, очевидно, колебания стали более интенсивными?

О т в е т. Если камертон не касается стола, его слабые звуковые колебания продолжают сравнительно долго, камертон, приложенный к столу, вызывает колебания его крышки, однако их совместные колебания быстро прекращаются. Таким образом, в обоих случаях расходуется одинаковая энергия.

79*. Что вы знаете об ультразвуковой локации в мире живой природы?

О т в е т. 1. *Летучая мышь.* Издает ультразвуки, а затем улавливает эхо, отраженное от препятствий. Обладая способностью оценивать сверхкороткие промежутки времени от посылки звукового сигнала до его возвращения, она очень точно определяет расстояние до насекомых, за которыми охотится, и уверенно, не натываясь на деревья, летает в густом лесу.

Частота звуков, издаваемых летучей мышью, достигает 50 кГц, т. е. лежит далеко за пределами частот, слышимых человеком. Мышь

делает до 30 ультразвуковых посылок в 1 с, продолжительностью 1 мс каждая. За 1 мс звук проходит около 34 см, следовательно, летучая мышь может обнаружить препятствие на расстоянии от 17 см и дальше.

2. *Кашалот* — водное млекопитающее из подотряда зубастых китов. Достигает 19 м длины и 10^6 Н веса. Имеет хороший ультразвуковой эхолокатор: в надчерепном пространстве есть воздушные мешки, разделенные тонкой перегородкой. Сжимая особые мышцы, кит перекачивает воздух из одного мешка в другой, заставляя этим колебаться перегородку с ультразвуковой частотой. Улавливая отраженные сигналы, он отыскивает добычу на глубине до 2 км.

3. *Дельфин* обладает совершенным звуколокационным аппаратом. Его локационные послылки имеют частоту от 750 Гц до 800 кГц. Частота посылок и интервалы между ними зависят от расстояния до отражающего тела. Удивительная способность дельфина отличать сигналы, отраженные рыбами, от сигналов, отраженных предметами таких же размеров. Он может обнаружить брошенную в воду дробишку на расстоянии до 20—30 м.

80. Привести примеры использования инфразвука в мире живой природы.

О т в е т. Во время шторма трение волн о воздух порождает инфразвуки с частотой 8—13 Гц, которые с большой скоростью распространяются по воде. Эти звуки, недоступные для слуха человека, воспринимают простейшие морские животные — медузы, благодаря чему они за много часов узнают о приближении шторма. У медузы есть стебелек, оканчивающийся шаром с жидкостью, в которой плавают камешки, опирающиеся на окончание нерва. Первой воспринимает «голос» шторма колба с жидкостью, затем через камешки этот голос передается нервам.

Изучение органов медузы, воспринимающих инфразвуки, позволило ученым построить прибор, предсказывающий приближение шторма за 15 ч. В этом приборе есть рупор, улавливающий звуки, резонатор, пропускающий инфразвуковые колебания, пьезодатчик, преобразующий эти колебания в электрические импульсы, усилитель этих импульсов и прибор, регистрирующий их силу (рис. 63).

81. На рисунке 64 изображен вид сверху на водную поверхность, по которой плывут три пловца, оставляя за собой круговые волны. Центры окружностей изображают последовательные положения пловцов. В какую сторону они плывут? Какова скорость каждого пловца, если скорость волн 0,5 м/с?

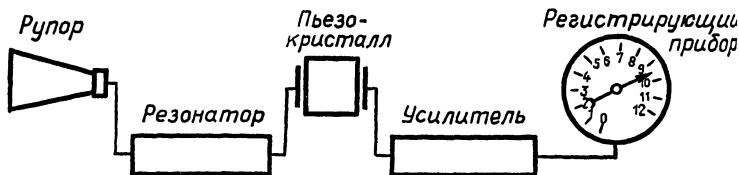


Рис. 63

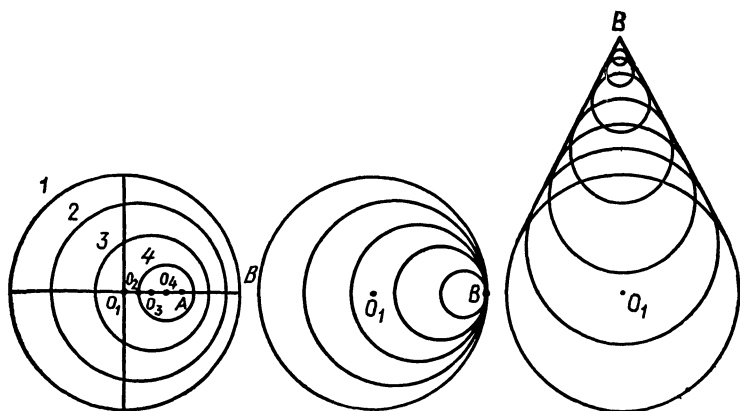


Рис. 64

О т в е т. Центр O_1 самой большой окружности изображает первоначальное положение пловца. Значит, все они плывут от точки O_1 к точке B . За время, в течение которого первый пловец проплывет расстояние O_1A , волна 1 пройдет расстояние O_1B . Как следует из измерения по рисунку, $O_1B = 2O_1A$. Поэтому скорость первого пловца $0,25$ м/с. Скорость второго пловца равна скорости волн, т. е. $0,5$ м/с. Скорость третьего пловца в два раза больше скорости волн — 1 м/с.

РАВНОВЕСИЕ ЖИДКОСТЕЙ

82. Сферический пустотелый поплавок имеет внизу дырку m . В верхней своей части он соединен с тонкой резиновой трубкой, на которую надета небольшая металлическая трубка; последняя закрыта с торца и имеет сбоку отверстие n (рис. 65). Если это отверстие закрыть пальцем, то поплавок плавает; если незаметно открыть, то поплавок тонет. Догадайтесь, чем обусловлено такое действие прибора.

О т в е т. Если отверстие открыто, то внутрь прибора входит вода — сила тяжести прибора увеличивается. Поэтому выталкивающая сила уже не может удерживать поплавок на поверхности воды.

83. Прибор Н. А. Любимова. Профессор Московского университета Н. А. Любимов был первым ученым, который экспериментально исследовал явление невесомости. Один из его приборов (рис. 66) представлял собой панель 1 с петлями, которая могла падать вдоль направляющих вертикальных проволок. На панели 1 укреплен

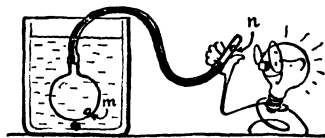


Рис. 65

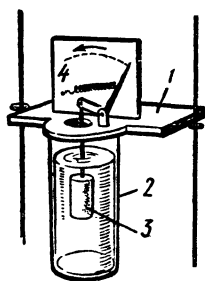


Рис. 66

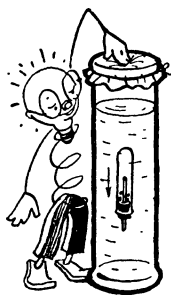


Рис. 67

сосуд с водой 2. Внутри сосуда с помощью стержня, проходящего через крышку сосуда, помещена большая пробка 3. Вода стремится вытолкнуть пробку, и последняя, растягивая пружину 4, удерживает указательную стрелку на правой стороне экрана. Сохранит ли стрелка свое положение относительно сосуда, если прибор будет падать?

О т в е т. Во время падения прибора поплавки жидкостью не выталкиваются, потому что жидкость находится в состоянии невесомости и пробка под действием пружины 4 тонет, причем указатель прочерчивает на экране дугу.

84. Если тело находится внутри жидкости, плотность которой равна плотности этого тела, то сила тяжести уравновешивается выталкивающей силой. Можно ли считать, что это тело, подобно телам внутри искусственного спутника, обращающегося вокруг Земли, находится в состоянии невесомости?

О т в е т. Нет. Состояние невесомости характеризуется отсутствием в теле внутренних напряжений (т. е. отдельные слои тела не давят друг на друга) и давления на опору. В теле, плавающем внутри жидкости, внутренние напряжения, существующие в нем за счет силы тяжести, не исчезают; кроме того, тело давит на жидкость, являющуюся в данном случае опорой.

85. «Картезианский водолаз». В маленькую пробирку вставить пробку с отверстием, в которое ввести стеклянную трубку длиной 80 мм так, чтобы ее конец немного выступал из пробки внутрь пробирки (рис. 67). Предварительно в пробирку насыпать несколько дробинок так, чтобы при плавании пробирка занимала отвесное положение и своим доньшком касалась снизу поверхности воды. Высокий стеклянный сосуд почти до краев наполнить водой и опустить «водолаза» отверстием вниз. Верхнее отверстие сосуда затянуть тонкой резиновой мембраной, которую обвязать бечевой. При надавливании и отпуске мембраны «водолаз» тонет и всплывает. Объяснить явление.

О т в е т. Давление на мембрану в сосуде передается через воздух на воду, которая сжимает воздух в пробирке и входит в нее. Вследствие этого сила тяжести пробирки увеличивается и выталкивающая сила

уже не может удерживать пробирку на поверхности — пробирка тонет. При отпускании мембраны воздух в пробирке расширяется и вытесняет из нее часть воды — пробирка всплывает.

86. Пробирку («водолаз»), описанную в предыдущей задаче, опустить в бутылку, наполненную водой. Бутылку плотно закрыть пробкой, через которую проходит стеклянная трубка. На верхний конец стеклянной трубки насадить резиновую трубку длиной 100—120 см (рис. 68). Экспериментатор берет конец резиновой трубки в рот и дует в нее: «водолаз» тонет. При втягивании воздуха «водолаз» всплывает. Далее резиновую трубку заполнить водой. При поднятии колена резиновой трубки «водолаз» тонет, при опускании всплывает. Объяснить явление.

О т в е т. Вдувание в трубку воздуха в первом случае и поднятие трубки во втором случае увеличивает давление воды в сосуде, поэтому «водолаз» тонет (см. ответ к задаче 85).

87. В цилиндрическую мензурку поместить деревянный цилиндр, диаметр которого немного меньше диаметра мензурки (рис. 69). Придерживая цилиндр спицей, налить в мензурку воды так, чтобы она немного покрывала цилиндр. Будет ли плавать цилиндр, если отпустить спицу, ведь объем фактически вытесненной им воды в несколько раз меньше объема самого цилиндра?

О т в е т. Цилиндр будет плавать, так как гидростатическое давление на погруженное в воду тело зависит от высоты уровня воды в сосуде и не зависит от ее объема. Поэтому и обусловленная этим давлением выталкивающая архимедова сила не зависит от объема воды в сосуде.

88. Взять стакан, наполненный на две трети водой. Вылить в него полпробирки подсолнечного масла. Как собрать масло обратно в пробирку, не трогая стакана?

О т в е т. Смазать края пробирки каким-нибудь твердым жиром и налить в нее воды. Заткнуть пробирку пальцем, перевернуть и опустить



Рис. 68



Рис. 69

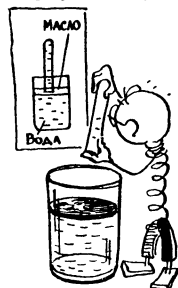


Рис. 70

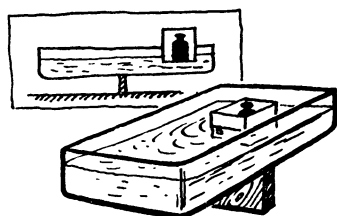


Рис. 71

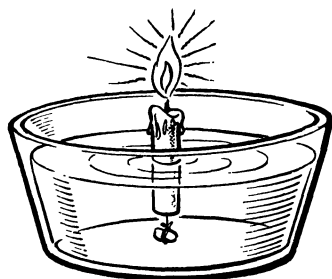


Рис. 72

в стакан вверх дном. Подвести край пробирки к поверхности воды (рис. 70). Масло, будучи легче воды, всплывая, устремится в пробирку.

Примечание. Аналогичным способом собирают нефть, разлившую по поверхности водоема.

89. Кювету с водой уравновесить на бруске (рис. 71). На поверхность воды пустить плавать коробку, в которой находится гирия. Нарушится ли равновесие кюветы, если коробку перемещать по поверхности воды или если давить на коробку рукой? Нарушится ли равновесие, если вынуть гирию из коробки и поставить ее на дно кюветы? Ответ проверить опытом.

О т в е т. 1. Плавающая коробка с гирией весит столько же, сколько и вытесняемая ими вода. Поэтому, когда при смещении коробки ее место занимает вода, равновесие не нарушается.

2. Если гирия стоит на дне кюветы, то вес вытесненной ею воды не равен ее весу. В этом случае приближение гири к оси или удаление от нее изменяет момент веса гири относительно этой оси и равновесие кюветы нарушается.

90. Стальной шарик плавает в ртути. Изменится ли погружение шарика в ртуть, если сверху долить воды?

О т в е т. Выталкивающая архимедова сила, действующая на шарик, увеличится. Этот прирост равен силе тяжести воды, вытесненной той частью шарика, которая погружена в воду. Поэтому глубина его погружения в ртуть уменьшится.

91. К короткому отрезку стеариновой свечи прикрепить снизу небольшой груз так, чтобы свеча плавала в воде (рис. 72). Зажечь плавающую свечу и задать вопрос: «Как быстро погаснет свеча?»

О т в е т. Кажется, что пламя зальется водой, как только сгорит отрезок свечи, выступающий над водой, и свеча быстро погаснет. Но, сгорая, свеча уменьшается в весе и всплывает.

92. Два одинаковых сосуда наполнены до краев водой. В одном из них плавает кусок дерева. Какой из сосудов перетянет, если их поставить на весы?

О т в е т. Оба сосуда имеют одинаковый вес, поскольку вес воды,

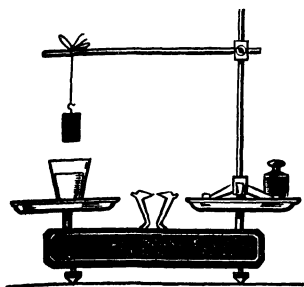


Рис. 73

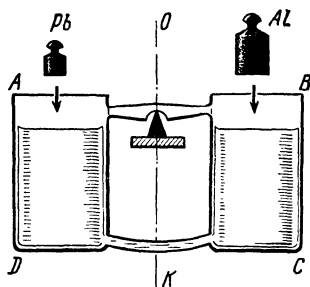


Рис. 74

вытесненной погруженной частью плавающего куска дерева, равен весу этого куска.

93. На одну чашку весов поставить сосуд с водой, а на другую — штатив, на перекладине которого подвешено тело (рис. 73). Сохранится ли равновесие, если нитку удлинить так, чтобы тело целиком погрузилось в воду? Если нет, то какая чашка перетянет? Ответ проверить опытом.

О т в е т. Обозначим выталкивающую архимедову силу, с которой вода действует на погруженное в нее тело, через F . При опускании тела в воду сила, действующая на правую чашку весов, станет меньше на F . Но само тело по третьему закону Ньютона будет также действовать на воду в левом сосуде с силой F , направленной вниз. Следовательно, сила, приложенная к левой чашке, увеличится на F . Таким образом, на левую чашку будет действовать сила на $2F$ большая, чем сила, приложенная к правой чашке. Левая чашка перетянет.

94. Симметричный относительно вертикальной плоскости OK сосуд $ABCD$ (рис. 74), состоящий из двух сообщающихся сосудов, наполнен водой и опирается о ребро неподвижной призмы. В сосуд поместили две гири одинаковой массы — свинцовую и алюминиевую. Какая часть сосуда перетянет и почему?

О т в е т. Опустим гири в сосуды. Уровни воды в сосудах повысятся, но согласно основному свойству сообщающихся сосудов расположатся одинаково. Следовательно, объем содержимого левого сосуда будет по-прежнему равен объему содержимого правого. Но свинцовая гиря имеет меньший объем, чем алюминиевая. Поэтому в левом сосуде воды больше, чем в правом, и он перетянет.

95. В сосуде с водой плавает кусок льда, к которому примерзла пробка. Как изменится уровень воды в сосуде, если лед растает, в случаях, когда примерзшая пробка це-

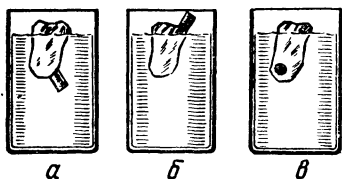


Рис. 75

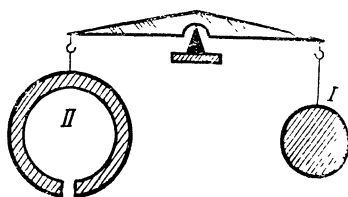


Рис. 76

ликом находилась под водой (рис. 75, а) и когда она целиком находилась над водой (рис. 75, б)?

О т в е т. В обоих случаях суммарный вес воды, льда и пробки, после того как лед растает, останется неизменным. Поэтому давление воды на дно сосуда не изменится, а значит, и высота уровня воды в сосуде не изменится.

96. В сосуде с водой плавает кусок льда, внутри которого находится железный шарик (рис. 75, в). Как изменится уровень воды, когда лед растает?

О т в е т. Когда лед растает, сила давления в целом на дно сосуда не изменится, так как вес содержимого сосуда останется прежним. Но теперь она создается давлением шарика и воды. Следовательно, давление воды на дно станет меньше, поэтому уровень воды понизится.

97. В сосуде с водой плавает стакан, в котором находится гиря. Как изменится уровень воды в сосуде, если гирю вынуть из стакана и поставить на дно сосуда?

О т в е т. Вес воды, вытесняемой гирей, когда она находится в стакане, равен весу гири, и, следовательно, объем этой воды больше объема гири. Поэтому при перемещении гири из стакана в сосуд уровень воды в нем понижается.

98. Два шара (рис. 76), один цельнолитой I, другой полый II с отверстием внизу, наполненный воздухом, уравновешены на рычаге в воде на глубине 1 м. Сохранится ли равновесие, если погрузить всю систему на глубину 10 м?

О т в е т. Сила тяжести первого шара при погружении практически не изменится, так как вода почти не сжимается, а второго по мере погружения увеличивается вследствие увеличения давления воды, которая, сжимая воздух, будет входить в шар. Второй шар перетянет.

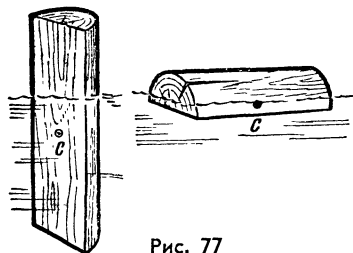


Рис. 77

99. Плавающее вертикально в воде полено (рис. 77) при малейшем толчке поворачивается и принимает на поверх-

ности воды более устойчивое положение (плашмя). При этом его центр тяжести S повышается. Не противоречит ли это общей закономерности, согласно которой при переходе тел из неустойчивого в устойчивое равновесие их центр тяжести понижается?

От в е т. Всплывая, полено оттесняет вниз некоторый объем воды. Вследствие этого центр тяжести системы вода — полено понижается.

100*. Привести примеры, показывающие, как проявляются архимедовы силы в мире живой природы.

От в е т. Плотность многих животных и растений, живущих в воде, мало отличается от плотности воды, поэтому выталкивающая сила, действующая на водные организмы (например, на рыб), или равна их силе тяжести, или лишь немного меньше. Поэтому все приспособления, служащие для противодействия силам тяжести, у них либо отсутствуют, либо имеют рудиментарный характер. Например, конечности глубоководных раков очень слабы и имеют непомерную длину.

Стебли подводных растений, несмотря на чрезвычайную гибкость и длину, достигающую иногда 60 м и нередко превышающую поперечные размеры в сотни и тысячи раз, тем не менее сохраняют в воде вертикальное положение благодаря силам Архимеда. Увеличению плавучести способствуют также крупные воздушные пузыри, заключенные у некоторых водорослей в концах стеблей и играющие роль поплавков.

101. Продемонстрировать два одинаковых прибора. Каждый из них представляет собой две стеклянные трубки длиной по 30 см, укрепленные вертикально на штативе и соединенные внизу резиновой трубкой, зажатой посредине зажимом (рис. 78). Все четыре трубки заполнить одинаковыми по виду жидкостями, причем в первом приборе уровни жидкостей разные, а во втором одинаковые. Открыть зажимы. В первом приборе уровни жидкостей расположатся на одинаковой, а во втором — на разной высоте. Объяснить явление.

От в е т. На основании закона сообщающихся сосудов можно сделать вывод, что трубки первого прибора наполнены однородными жидкостями, а второго — разнородными. Такими жидкостями могут быть вода и водный раствор очищенной серной кислоты или поваренной соли.

102. Рыбак для хранения живой рыбы сделал в своей лодке ящик с отверстием в дне (рис. 79).

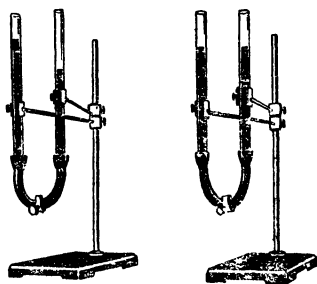


Рис. 78

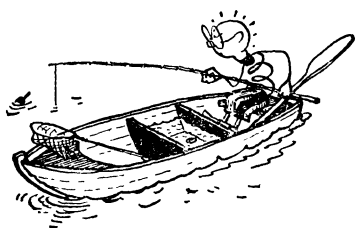


Рис. 79

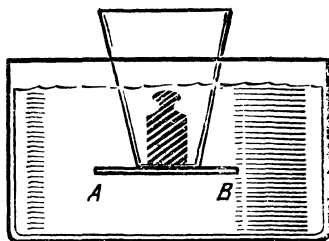


Рис. 80

Не зальет ли такую лодку и не потонет ли она, если спустить ее на воду?

Обоснованный ответ проверить с помощью модели такой лодки.

О т в е т. Ящик и русло реки представляют собой сообщающиеся сосуды. Вода, влившаяся в ящик, не дойдет до края борта и будет на таком же уровне, как и в реке. Лодку не зальет, и она будет плавать.

103*. Действует ли закон сообщающихся сосудов, наполненных несмачивающими жидкостями, на искусственном спутнике Земли?

О т в е т. Нет. В условиях невесомости столб жидкости не оказывает давления, поэтому уровни жидкости в сообщающихся сосудах могут быть разными и зависят от действия случайных сил.

104. Широкая трубка в виде усеченного конуса опущена в сосуд с водой, и ее нижнее отверстие закрыто легкой пластинкой AB (рис. 80), которая удерживается давлением воды. Сила этого давления 10 Н . Оторвется ли пластинка, если: а) поставить на нее гирю в 10 Н ; б) влить в трубку 10 Н воды?

О т в е т. а) Оторвется; б) если в трубку влить 10 Н воды, то ее уровень в трубке будет ниже, чем в сосуде, и, следовательно, сила давления на пластинку будет меньше 10 Н . Пластинка не оторвется.

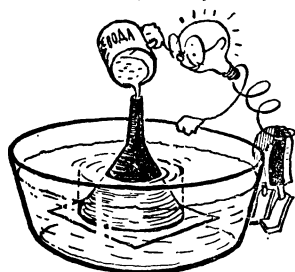


Рис. 81

105. Воронку, раструб которой закрыт листом плотной бумаги, опустить в воду (рис. 81). Чтобы лист, который поддерживается давлением воды снизу, отпал, можно через горлышко налить внутрь воронки некоторое количество воды или всыпать дробы. Будет ли при

этом вес всыпанной дробы равен весу влитой в воронку воды?

О т в е т. Сила давления воды, налитой в воронку, на бумажный листок больше, чем ее вес; она равна весу цилиндрического столба воды, отмеченного на рисунке 81 пунктиром. Поэтому и вес дробы, отрывающей бумагу, должен быть больше веса воды, налитой в воронку.

РАВНОВЕСИЕ ГАЗОВ

106. Резиновый баллон поместить внутрь склянки и закрыть ее пробкой со вставленной стеклянной трубкой, на которую насажен наконечник баллона (рис. 82). Склянка должна иметь боковой тубус, закрывающийся второй пробкой со вставленной в нее стеклянной трубкой. На эту стеклянную трубку надеть кусок резиновой трубки с зажимом.

При открытом зажиме в баллон через верхнюю трубку вдуть воздух, затем закрыть зажимом резиновую трубку бокового тубуса. Баллон сохранит свою раздутую форму, несмотря на то что он открыт. Объяснить явление.

О т в е т. Резиновый баллон стремится сжаться, поэтому между его стенками и стенками склянки образуется разрежение. Таким образом, атмосферное давление воздуха, действующего на стенки баллона изнутри, будет больше давления воздуха снаружи и баллон сохранит раздутую форму.

107. стакан с мыльной пеной поставить в чашку и поместить под колокол воздушного насоса. При откачивании воздуха пена резко увеличит свой объем. Объяснить явление.

О т в е т. При откачивании воздуха из-под колокола внутреннее давление воздуха в пузырьках становится больше внешнего давления, поэтому пузыри раздуваются.

108. стакан налить до половины водой, положить в него какой-нибудь груз (например, маленькую гайку), закрыть листом бумаги и, придерживая рукой, перевернуть (рис. 83). Несмотря на то что изнутри на бумагу давят воздух, вода и груз, она не отрывается. Объяснить явление.

О т в е т. Под тяжестью воды и груза бумажка слегка прогибается, объем воздуха увеличивается и его давление стано-

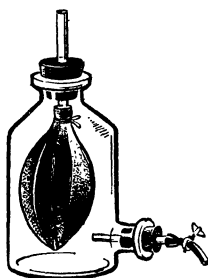


Рис. 82

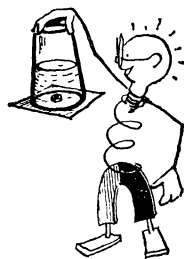


Рис. 83



Рис. 84

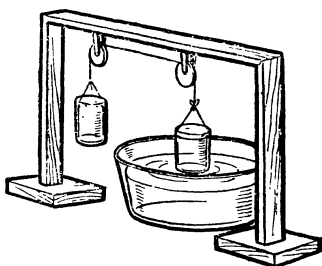


Рис. 85

вится меньше атмосферного. Поэтому внешнее атмосферное давление может уравновесить давление содержимого стакана.

109. Опустить воронку в сосуд с водой, затем вынуть и, продев тонкую палочку через горлышко, показать, что она пуста. Поместить воронку над другим сосудом. После этого из нее польется вода. Объяснить явление.

О т в е т. Воронка имеет двойные стенки (рис. 84). Когда ее опускают в сосуд, вода входит снизу в пространство между стенками, а воздух оттуда выходит через маленькое отверстие у ручки. Если это отверстие закрыть пальцем и вынуть из сосуда воронку, атмосферное давление будет снизу поддерживать воду. Когда незаметно открывают отверстие, воздух входит в него и вода выливается.

110. Два одинаковых стакана, наполненные водой, подвешены на нити (рис. 85, правый дном вверх). Какой стакан перетянет, если вес воды в левом стакане равен весу воды внутри правого стакана от его дна до уровня воды в сосуде?

О т в е т. Снаружи на дно правого стакана действует сила атмосферного давления, равная $|\vec{F}|$, изнутри же на дно действует такая же сила, уменьшенная на вес воды в стакане, равный $|\vec{Q}|$, т. е. $|\vec{F}| - |\vec{Q}|$. Равнодействующая сил, приложенных к дну стакана, равна $|\vec{F}| - (|\vec{F}| - |\vec{Q}|) = |\vec{Q}|$. Поэтому система будет в равновесии. Потери веса края правого стакана, погруженного в воду, пренебрегаем.

111. Барометрическая трубка со ртутью подвешена к динамометру так, что она не достает до дна барометрической чашки, стоящей на столе (рис. 86). Что покажет стрелка динамометра: вес пустой трубки или вес трубки со ртутью?

О т в е т. Стрелка покажет вес трубки со ртутью от ее уровня в трубке до уровня ртути в чашке. Действительно, на дно трубки сверху

действует сила атмосферного давления, равная весу ртути в трубке; давление же на дно изнутри равно нулю, так как над ртутью в трубке воздуха нет.

112. «Универсальный барометр» М. В. Ломоносова (рис. 87). Прибор состоит из наполненной ртутью барометрической трубки, имеющей наверху шар *A*. Трубка соединена капилляром *B* с другим шаром, содержащим сухой воздух. Прибор служит для измерения ничтожных изменений силы атмосферного давления. Разобраться, как действует этот прибор.

Ответ. При изменении атмосферного давления высота ртути в трубке *H* изменяется. Небольшому изменению в высоте *H* соответствует значительное перемещение ртути в капиллярной трубке, так как объем шара *A* во много раз больше объема капилляра *B*.

113. На резиновую подушку (или резиновый спасательный круг) положить квадратную фанеру и предложить одному из участников викторины сесть на нее (рис. 88). Можно ли, вдвывая воздух в подводящую трубку, поднять человека, сидящего на фанере? Ответ проверить опытом.

Ответ. Да. Человек с помощью легких может создать избыточное давление $2 \div 2,5 \text{ Н/см}^2$. Используя это давление, можно получить силу давления, равную силе тяжести человека.

114. Резиновую подушку надуть воздухом через подводящую трубку (см. задачу 113), зажать ее зажимом и присоеди-

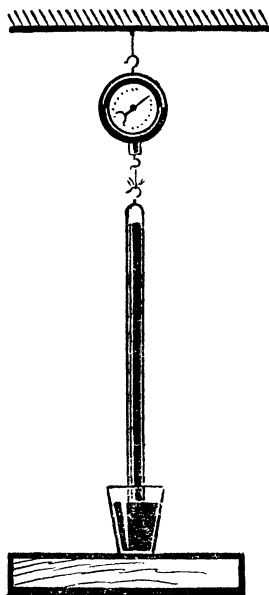


Рис. 86

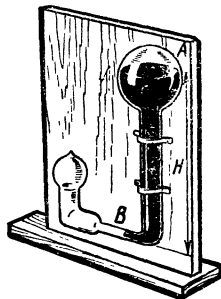


Рис. 87

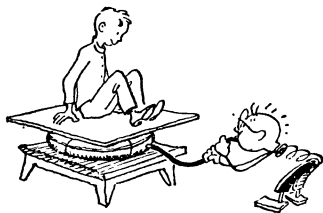


Рис. 88

нить к тонкой стеклянной трубке длиной около 80 см. Наполнить последнюю водой. Предложить одному из участников викторины положить на подушку квадратную доску и встать на нее. Может ли столбик воды в трубке уравновесить вес человека, если открыть зажим?

О т в е т. Да. Давление столбика воды длиной около метра достаточно, чтобы создать силу давления воздуха в подушке, равную силе тяжести человека.

115. На одну из чашек чувствительных весов положить стеклянный шар с отростком и краном (шар для доказательства весомости воздуха), а на другую — слабо надутую футбольную камеру (ее можно подвесить под чашкой весов). Весы уравновесить. Откачать воздух из стеклянного шара — футбольная камера перевесит. Снова впустить в шар воздух — равновесие восстановится. Открыть клапан камеры и вытолкнуть из нее воздух. Равновесие весов нарушится. Объяснить явление.

О т в е т. На камеру действуют две силы: вниз — сила тяжести камеры с находящимся в ней воздухом, вверх — выталкивающая сила.

Уменьшение каждой из этих сил в результате удаления из камеры воздуха равно силе тяжести этого воздуха. Поэтому нагрузка на чашку, к которой подвешена камера, равная разности этих сил, не изменится и весы останутся в равновесии. При откачивании же воздуха из стеклянного шара объем шара остается прежним, поэтому и выталкивающая сила не изменяется.

116. Полый запаянный стеклянный шар уравновесить на весах гирей и поместить под колокол воздушного насоса (рис. 89). Сохранится ли равновесие, если выкачать из-под колокола воздух? Если не сохранится, то что перетянет? Ответ проверить опытом.

О т в е т. При откачивании воздуха выталкивающие архимедовы силы, действующие на шар и гирю, исчезнут. Но выталкивающая сила, действующая в воздухе на шар, больше выталкивающей силы, приложенной к гире, так как объем шара больше объема гири. Поэтому в вакууме шар перетянет.

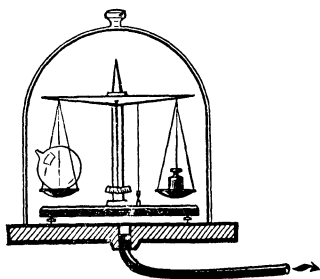


Рис. 89

117. В бутылку с широким горлышком (из-под молока) опустить зажженную бумажку и быстро закрыть горлышко круто сваренным и очищенным яйцом (рис. 90). Яйцо постепенно втя-



Рис. 90

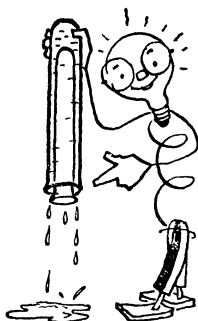


Рис. 91

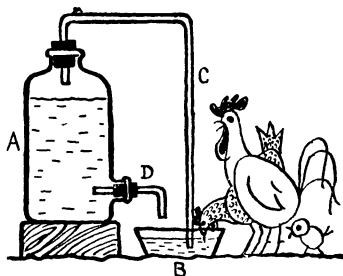


Рис. 92

гивается и проваливается внутрь бутылки. Объяснить явление.

О т в е т. Пламя нагревает воздух в бутылке и часть его выходит наружу. Когда бутылку закрывают яйцом, воздух в ней охлаждается, давление его падает и внешнее атмосферное давление загоняет яйцо в бутылку.

118. Взять две пробирки, входящие друг в друга. В большую пробирку налить воды и вставить меньшую. Прибор перевернуть (рис. 91). Вода вытекает по каплям, а внутренняя пробирка поднимется вверх. Объяснить явление.

О т в е т. Когда вода вытекает, давление между стенками пробирок становится меньше атмосферного и атмосферный воздух, действуя изнутри на малую пробирку, поднимает ее вверх.

119*. Можно ли измерять давление воздуха в искусственном спутнике, движущемся по орбите вокруг Земли, с помощью ртутного барометра? Каким барометром следует пользоваться внутри спутника?

О т в е т. Нет. Как и все предметы внутри спутника, ртуть в барометре невесома и не уравнивает давление воздуха. Поэтому она заполнит всю барометрическую трубку. В спутнике нужно пользоваться anerоидом.

120. Объяснить действие автоматической поилки для кур (рис. 92).

О т в е т. Вода выливается из сосуда *A* в сосуд *B* через трубку *D* до тех пор, пока не закроет нижний конец трубки *C*. После этого воздух в сосуд *A* через трубку *C* уже не поступает, в нем образуется разрежение и вода перестает выливаться.

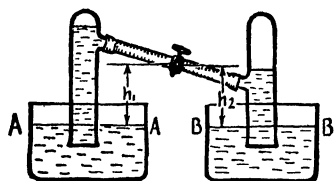


Рис. 93

121. Два одинаковых сосуда наполнили водой (рис. 93). В каждый из них опустили стеклянную трубку и откачали из трубок часть воздуха, в результате чего вода поднялась в левой трубке выше, чем в правой. Затем их соединили резиновой

трубкой с краном, как показано на рисунке. Будет ли вода переливаться из левого сосуда в правый, если открыть кран?

О т в е т. Давление p_1 с левой стороны крана равно:

$$p_1 = p_0 - \rho g h_1,$$

где p_0 — давление атмосферного воздуха; ρ — плотность воды; g — ускорение силы тяжести; h_1 — высота крана над уровнем AA .

Аналогично давление p_2 с правой стороны крана равно:

$$p_2 = p_0 - \rho g h_2,$$

где h_2 — высота крана над уровнем BB . Так как $h_1 = h_2$, то $p_1 = p_2$. Поэтому, если открыть кран, вода переливаться не будет.

122. Под колокол воздушного насоса поместить колбу с водой, закрытую пробкой, через которую пропущена изогнутая трубка, другой конец трубки опущен в стакан (рис. 94). Из-под колокола выкачать воздух — вода из колбы начнет переливаться в стакан. Затем под колокол впустить воздух — вода перельется обратно из стакана в колбу. Объяснить явление.

О т в е т. При откачивании воздуха из-под колокола его давление будет меньше давления воздуха в колбе. Поэтому, расширяясь, воздух вытеснит воду из колбы в стакан. Давление воздуха в колбе становится меньше атмосферного, поэтому, если под колокол впустить атмосферный воздух, он перегонит воду обратно из стакана в колбу.

123. Поставить на стол бутылку емкостью 1—3 л, закрытую резиновой пробкой, через которую проходят две труб-

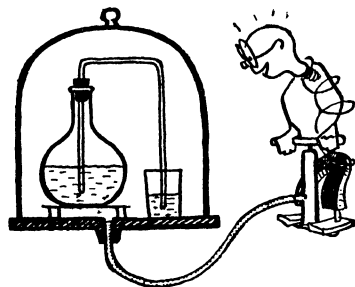


Рис. 94

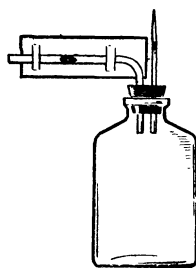


Рис. 95

ки — одна тонкая капиллярная, другая изогнутая под прямым углом (рис. 95). В изогнутую часть ввести каплю подкрашенного керосина. Поднять бутылку при помощи тигельных щипцов над столом на высоту 1 м. Капля керосина переместится на некоторое расстояние к открытому концу трубки, а затем медленно вернется назад. Объяснить явление.

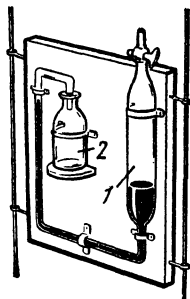


Рис. 96

О т в е т. С увеличением высоты давление атмосферного воздуха уменьшается. Возникающую разность давлений атмосферного воздуха и воздуха в бутылки фиксирует прибор. Постепенно воздух из бутылки просачивается через капилляр наружу и давление выравнивается. Прибор реагирует и на изменение давления воздуха, возникающее при открытии двери в соседней комнате.

124. На панели прибора Н. А. Любимова (рис. 96) укреплены два сообщающихся сосуда со ртутью. В сосуд 1 нагнетать воздух до тех пор, пока уровни ртути в сосудах установятся на разной высоте, после чего кран, имеющийся в верхней части сосуда 1, закрыть. Что произойдет со ртутью во время падения прибора?

О т в е т. Во время падения прибора слои ртути перестают давить друг на друга и сжатый воздух выталкивает ее в сосуд 2.

125*. Привести примеры, показывающие, как силы давления используются в мире живой природы.

О т в е т. 1. Давлением объясняется действие разного рода присосок. Например, рыбы-прилипалы имеют присасывающую поверхность, состоящую из ряда складок, образующих глубокие карманы. При попытке оторвать присоску от поверхности, к которой она прилипла, глубина карманов увеличивается, давление в них уменьшается и тогда внешнее давление сильнее прижимает присоску.

2. Засасывающее действие болота объясняется тем, что при поднятии ноги под ней в почве образуется разреженное пространство. Перевес силы давления на ногу взрослого человека может достигать 1000 Н. Копыта жвачных животных при вытаскивании из трясины сжимаются под влиянием давления и, таким образом, пропускают воздух в образовавшееся углубление; нога вынимается без труда.

ДВИЖЕНИЕ ЖИДКОСТЕЙ

126. Взять два стеклянных сосуда, соединенных между собой изогнутой стеклянной трубкой (рис. 97). В верхний сосуд налить воды выше отверстия, через которое проходит труб-

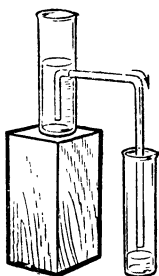


Рис. 97

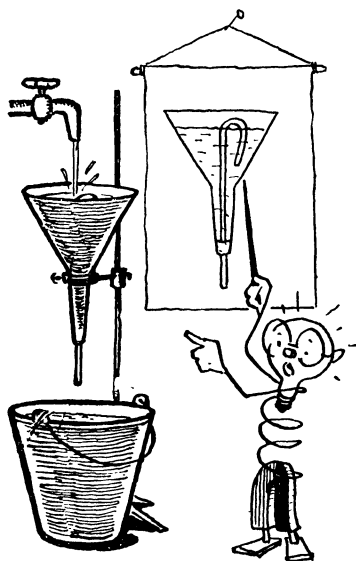


Рис. 98

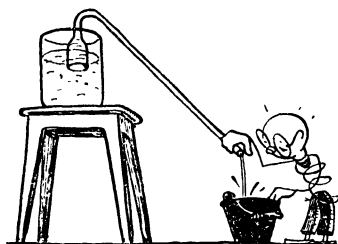


Рис. 99

ка. При этом вода быстро перельется из верхнего сосуда в нижний. Объяснить явление.

О т в е т. Изогнутая стеклянная трубка, соединяющая оба сосуда, представляет собой сифон. Когда вода достигнет высшей точки этого сифона, в его правом колене образуется более длинный столб воды, чем в левом колене. Более длинный столб воды обладает большей силой тяжести и потому перетягивает короткий столб. Атмосферное давление препятствует разрыву столба воды в трубке сифона.

127. Сифон переменного действия. Горлышко большой воронки из жести закрыть пробкой, сквозь которую проходит изогнутая стеклянная трубка (рис. 98). Закрепив воронку на штативе, направить в нее тонкую струйку воды из водопроводного крана. Вода из воронки будет периодически сбрасываться в ниже лежащий сосуд. Разгадать внутреннее устройство воронки.

О т в е т. См. ответ к задаче 126.

128. Сифон, не требующий засасывания. Сифонной трубке придать форму, изображенную на рисунке 99. Закрывать пальцем свободный тонкий конец трубки, опустить другое, короткое толстое колено в сосуд с водой и убрать палец. Вода в коротком колене поднимется выше уровня воды в сосуде, и сифон начнет действовать. Объяснить принцип действия прибора.

О т в е т. Если убрать палец, то вода по закону сообщающихся

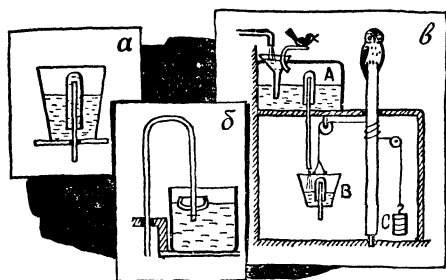


Рис. 100



Рис. 101

сосудов устремится с некоторой скоростью в широкое колено сифона. В суженной части левого колена скорость воды возрастет до величины, достаточной для того, чтобы достичь высшей точки сифона. И сифон начнет действовать.

129*. *Автоматы древних.* Разобраться по рисунку 100, как действовали автоматы, построенные древнегреческим ученым Героном (II в. до н. э.):

- а) двойной сифон;
- б) сифон с постоянной скоростью вытекания жидкости;
- в) автомат «поющая птичка».

О т в е т. а) Сифон представляет собой систему двух трубок, из которых внешняя закрыта сверху, а внутренняя открыта с двух концов, причем верхний конец не доходит до дна внешней трубки. В сосуд, в котором укреплен этот сифон, можно наливать воду до тех пор, пока наружная трубка сифона не наполнится до дна. Тогда жидкость будет вытекать из сосуда до тех пор, пока не выльется вся.

б) В этом сифоне внутреннее колено закреплено в чаше, плавающей на поверхности жидкости в сосуде. При вытекании жидкости сифон опускается, причем выходное отверстие остается ниже уровня жидкости всегда на одну и ту же величину. Поэтому и скорость вытекания жидкости постоянна.

в) Вода, втекающая в сосуд *A*, вытесняет из него воздух, который, проходя по трубке, вызывает свист. Заполнив сифон, вода начинает переливаться через него в сосуд *B*, который в конце концов перетянет груз *C*, и сова повернется к птичке. В этот момент через сифон из сосуда *A* вытекает больше воды, чем втекает. Поэтому птичка не свистит. Затем вступает в действие нижний сифон. Вода из сосуда *B* выливается, груз *C* перетягивает, сова отворачивается, и птичка начинает свистеть. Далее процесс повторяется.

130. Как вылить воду из бутылки, не наклоняя ее (рис. 101)?

О т в е т. Через трубку, пропущенную внутрь бутылки, вдуть воздух. При этом давление воздуха в бутылке увеличится и он выдавит часть воды наружу через ту же трубку.

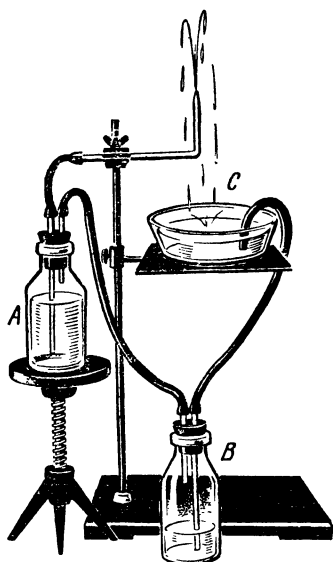


Рис. 102

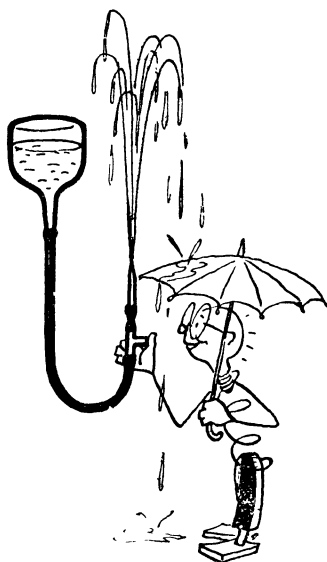


Рис. 103

131. Продемонстрировать видоизмененный фонтан Герона (рис. 102). Объяснить, как он действует.

О т в е т. Вода, переливаясь из сосуда *C* в сосуд *B*, сжимает в нем воздух, который по трубке частично переходит в сосуд *A*. Давление воздуха на поверхность воды в сосуде *A* увеличивается, и она начинает фонтанировать.

132. *Водяной таран*. Горлышко большой стеклянной воронки с надетой на нее резиновой трубкой соединить стеклянным тройником с резиновой трубкой, в которую вставлен отрезок стеклянной оттянутой трубки (рис. 103). Налить в воронку воды, которая будет выливаться из открытого колена тройника. Если это колено быстро закрыть пальцем, то из оттянутого конца брызнет фонтаном вода выше уровня воды в воронке. Объяснить явление. Не противоречит ли оно закону сообщающихся сосудов?

О т в е т. Когда закрывают пальцем открытое колено тройника, движущаяся вода по инерции устремляется вверх и, проходя через оттянутый кончик трубки, увеличивает свою скорость. Кинетическая энергия этой воды оказывается достаточной, чтобы выбросить небольшой фонтанчик выше уровня воды в воронке. Закон сообщающихся сосудов распространяется только на жидкость, находящуюся в равновесии, и к водяному тарану неприменим.

133. Объяснить действие «сосуда Марлотта», из которого жидкость вытекает все время с одинаковой скоростью (рис. 104).

Ответ. По мере вытекания жидкости в сосуд через трубку *C* входит пузырьками воздух. Таким образом, поверхность *AB* находится все время под тем же давлением, какое имеется снаружи у отверстия *D*, так что скорость вытекания обуславливается только давлением столба жидкости *h*.

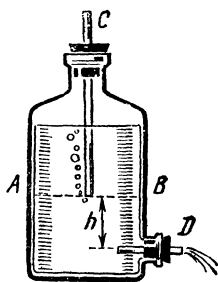


Рис. 104

134. Пропуская воду из водопровода через резиновую трубку с тонким стеклянным наконечником, получить тонкую струю воды (рис. 105). У конца отверстия стеклянной трубки расположить стеклянный цилиндр, одно из отверстий которого упруго затянато тонкой резиновой пленкой. Струя воды, ударяясь о резину, производит звук, напоминающий шум падения капель дождя на железную крышу.

Регулируя ток воды краном и изменяя расстояние между наконечником и цилиндром, добиться, чтобы струя бесшумно ударялась о резиновую пленку. Далее положить часы на наконечник. Тиканье часов будет слышно всей аудитории. Объяснить действие прибора.

Ответ. Сотрясения корпуса часов передаются водяной струе, которая разбивается на ряд водяных столбиков, падающих на резиновую перепонку. Поэтому перепонка издает звук, частота которого равна частоте колебания часового маятника.

135. Гидродинамический парадокс. Прибор для этого опыта состоит из большой воронки, трубка которой туго вставлена в отверстие, сделанное в центре круга (диаметром 12 см) из толстой фанеры (рис. 106). Шляпки трех гвоздей, вбитых по краю круга, поддерживают другой круг из жести, имеющий

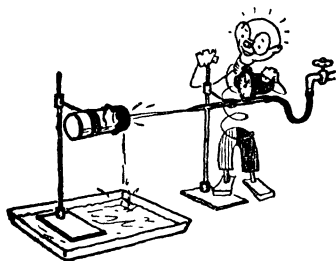


Рис. 105

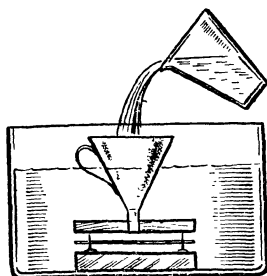


Рис. 106

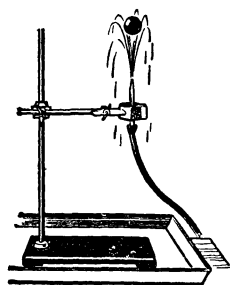


Рис. 107

такой же диаметр. Между гвоздями и отверстиями в жестяном круге, через который они проходят, имеется зазор. Поставить прибор в воду, налитую в ванну, и влить в воронку порцию воды. Нижняя пластина подскочит вверх. Объяснить явление.

О т в е т. Когда вода из воронки начинает течь в промежутке между кругами, скорость воды возрастает, а давление уменьшается. Благодаря этому гидростатическое давление, действующая снизу на жестяной круг, поднимает его вверх.

136. Приклейте к шарiku от настольного тенниса нитку и, держа его за нитку рукой, коснитесь им водяной струи. Отведите руку с натянутой ниткой в сторону. Шарик не отойдет от струи. Объяснить явление.

О т в е т. В месте касания шарика струя сужается, ее скорость возрастает, а давление уменьшается. Поэтому сила атмосферного давления прижимает шарик к струе.

Примечание. Вместо шарика можно использовать алюминиевую ложку.

137. Стекланную трубку (диаметром 10—12 мм и длиной 20—30 см) с оттянутым концом (диаметр конца 1,5—2 мм) укрепить вертикально в штативе, поставленном в широкую ванну. Соединить эту трубку резиновой с водопроводным краном и, постепенно открывая его, получить тонкую сильную струю воды до 2 м высотой (рис. 107). Положить легкий целлулоидный шарик на вершину струи. Он будет, слегка вибрируя, достаточно устойчиво держаться на ней. В чем причина этой устойчивости?

О т в е т. Там, где шарик касается струи, ее скорость увеличивается, а давление уменьшается, поэтому сила атмосферного давления прижимает шарик к струе.

138*. В сочинении «История греко-персидских войн» древнегреческий историк Геродот, рассказывая о своем путешествии по Египту, писал: «Перед плывущим по течению кораблем опускают в воду вертикально и перпендикулярно течению доску, которая играет роль двигателя и тянет корабль» (рис. 108).

Ученые поняли, как простая доска может служить двигателем, лишь недавно, когда выяснили, что ее применяли только при сильном встречном ветре. Объяснить действие доски, употреблявшейся древнеегипетскими кормчими.

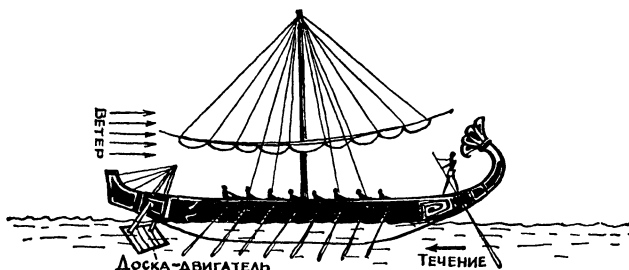


Рис. 108

О т в е т. Доска увеличивала поверхность, на которую действовало речное течение, и, таким образом, помогала преодолевать силу ветра. На доску же ветер не действовал, так как она была погружена в воду и являлась как бы «водяным парусом».

139*. Где и сколько клапанов надо установить в насосе (рис. 109, а), чтобы поршень непрерывно гнал жидкость при своем движении как в левую, так и в правую сторону? Как должны быть соединены трубопроводы с всасывающей трубой и с трубой, подающей жидкость в систему?

О т в е т. См. рисунок 109, б.

140. Объясните по схеме действие пожарного насоса (рис. 110). Какое назначение имеет камера А?

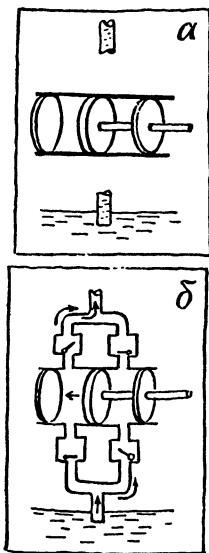


Рис. 109

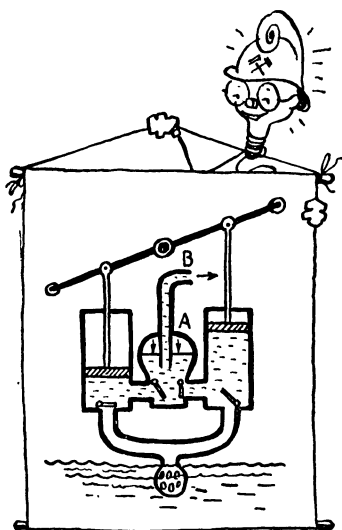


Рис. 110

О т в е т. Пожарный насос состоит из двух нагнетательных насосов, накачивающих воздух в камеру *A*. Поэтому воздух в камере *A* сжимается и своим давлением создает равномерную подачу воды через трубку *B* к месту ее потребления.

ДВИЖЕНИЕ ГАЗОВ

141. Сифон, «переливающий» воздух (рис. 111). Большую пробирку наполнить водой, заткнуть пальцем и погрузить вверх дном в сосуд с водой *AB*. Палец убрать, а пробирку закрепить в лапке штатива. Закрыть пальцем конец *D* сифона *COD* и ввести его конец *C* в пробирку так, чтобы конец *C* был выше уровня воды в сосуде *AB*. Открыть конец сифона *D*. Пузырьки воздуха будут стремительно входить через сифон в пробирку, и воздух заполнит ее. Объяснить явление.

О т в е т. Явление объясняется разностью давлений около точки *C*. Давление снизу вверх там равно атмосферному, а сверху вниз меньше атмосферного на величину давления, создаваемого силой тяжести столба воды высотой от уровня воды в сосуде *AB* до точки *C*, поэтому воздух входит в пробирку, вытесняя воду.

142. Через резиновую трубку, надетую на конец стеклянной воронки, с силой продуть воздух (например, можно использовать пылесос) (рис. 112).

Конус, изготовленный из бумаги, установить основанием на ладони руки и ввести внутрь воронки. Если убрать руку, то конус втягивается в воронку и не выпадает, пока продувают воздух. Вместо бумажного конуса в воронку можно вводить шарик от настольного тенниса. Объяснить явление.

О т в е т. Так как воздух в узкой щели между стенками воронки и конуса движется с большой скоростью, то его давление меньше атмосферного. Поэтому атмосферный воздух, действуя на внутренние стенки конуса, прижимает его к воронке и конус не выпадает.

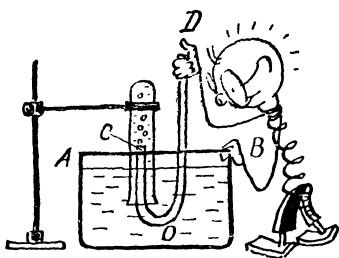


Рис. 111

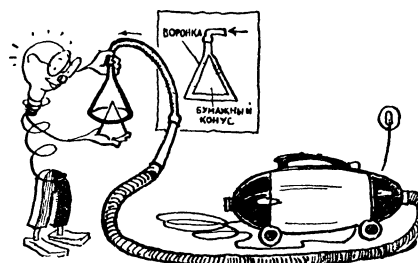


Рис. 112

143. В шарике от настольного тенниса (рис. 113) сделать пять отверстий. Через отверстия **1** и **3** продеть резиновую трубку длиной 15—20 см с внутренним диаметром 4—5 мм, а в отверстия **2** и **4** вставить хлорвиниловые трубочки длиной по 10 мм и диаметром около 2 мм. Отверстием **5** шарик насадить на водопроводный кран. Места соединения трубок и шарика промазать пластилином. Слегка приоткрыв кран, отрегулировать напор воды так, чтобы струи воды, вытекающие из трубок **2** и **4**, не касались друг друга.

Что произойдет со струями, если через резиновую трубку сильно продуть воздух? Ответ проверить опытом и объяснить наблюдаемое явление.

Ответ. Струи сольются; если прекратить продувание воздуха, вновь раздвинутся. Воздушная струя имеет большую скорость, благодаря чему давление воздуха между водяными струями понижается и давление воздуха с боков сближает струи.

144. Легкий целлулоидный шарик ввести в вертикальную струю воздуха от пылесоса (рис. 114). Шарик устойчиво «парит» в ней: он следует за струей, если медленно перемещать насадку пылесоса в горизонтальном направлении, и возвращается в струю после легкого нажима на него спицей и даже держится в слегка наклоненной к вертикали струе воздуха. Объяснить явление.

Ответ. Аэродинамическое давление воздушной струи уравновешивает силу тяжести шарика и поддерживает его в струе. Давление окружающего воздуха, которое больше давления внутри воздушной струи, при небольших боковых отклонениях шарика возвращает его внутрь струи.

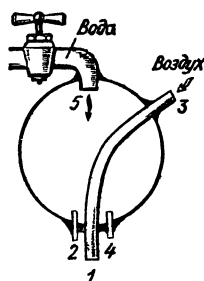


Рис. 113

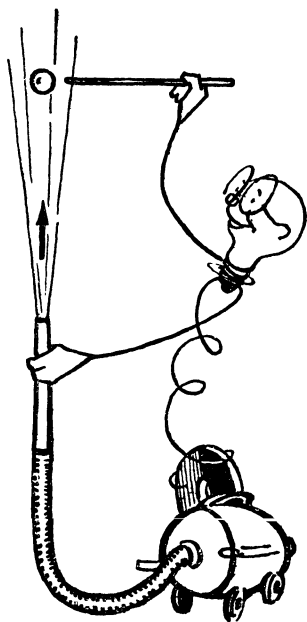


Рис. 114

145. Приблизить сверху к шарик, парящему в наклонном потоке воздуха (см. задачу 144), тонкостенный стеклянный стакан диаметром около 100 мм. Шарик будет периодически ударять по стакану, вызывая его звон. Объяснить явление.

О т в е т. Между шариком и стаканом скорость потока воздуха возрастает, а значит, уменьшается статическое давление. Поэтому шарик втягивается в поток, ударяет по стакану, поток прерывается, шарик начинает падать, однако процесс тут же повторяется вновь.

146. *Цилиндр Магнуса.* Бумажный цилиндр длиной 25 см и диаметром 5 см скатывают по наклонной плоскости. Траектория полета имеет неожиданную форму (рис. 115, а). Объяснить явление.

О т в е т. Физическая сущность явления не изменится, если мы представим себе, что цилиндр вращается по часовой стрелке, а воздушный поток обтекает его снизу вверх. Рисунок 115, б показывает, что в этом случае воздушный поток сверху цилиндра направлен против его скорости вращения, а снизу — совпадает с ней. Поэтому скорость потока относительно цилиндра сверху меньше (а давление больше), чем снизу. Этой разностью давлений и объясняется форма траектории падающего цилиндра.

147. *Явление Магнуса* (см. задачу 145) используется в опытном судне, построенном Флетнером. Это судно приводится в движение ветром, однако вместо парусов на нем установлены большие вертикальные, быстро вращающиеся с помощью особой машины цилиндры. Судно может двигаться, если направление ветра перпендикулярно его курсу. Оно может двигаться, как и парусное судно, против ветра зигзагами. Разобраться, как движется судно Флетнера (рис. 116).

О т в е т. Вследствие вращения и трения цилиндров о воздух скорость воздушного потока около задней поверхности цилиндров меньше, чем около передней. Поэтому давление воздуха на цилиндры со стороны кормы судна больше, чем со стороны носа.

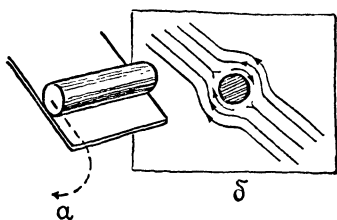


Рис. 115

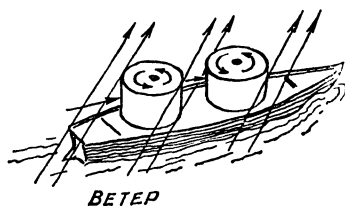
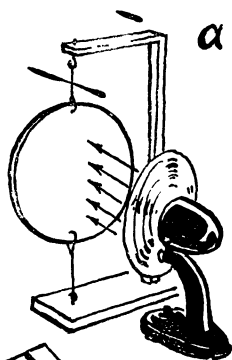


Рис. 116

148. Диск Рэлея. Продемонстрировать диск из тонкого картона диаметром 25 см, подвешенный на двух тонких нитях (рис. 117, а) и расположенный против вентилятора ребром к нему. При включении вентилятора диск поворачивается и устанавливается перпендикулярно к потоку. Объяснить явление.



О т в е т. Если плоскость диска параллельна воздушному потоку, то он находится в неустойчивом равновесии. При случайном повороте диска скорость воздушного потока в точках A и A_1 станет меньше, а давление больше, чем в точках B и B_1 , что приведет к появлению пары сил, вращающих диск по часовой стрелке (рис. 117, б).

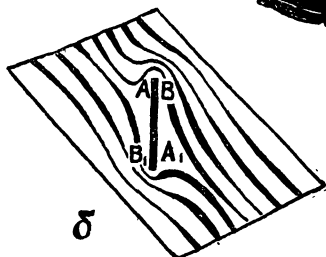


Рис. 117

149. Взяв в рот горлышко воронки, подуть на пламя свечи (рис. 118). Пламя отклонится в сторону воронки. Объяснить явление.

О т в е т. Образовавшиеся против раструба воронки вихри создают область пониженного давления, в которую втягивается пламя свечи.



Рис. 118

150. На горизонтально укрепленную спицу свободно насадить картонный круг. Если на круг направить струю воздуха слева, то круг скользит по спице вправо. Если поставить перед ним второй, неподвижно закрепленный круг, то подвижный скользит влево. Объяснить явление.

О т в е т. Вихри, образующиеся сзади неподвижного круга, создают область пониженного давления, в которую стягивается другой круг.

151*. Искусственный смерч. В одной из книг Н. Е. Жуковского описана следующая установка для получения искусственного смерча. На расстоянии 3 м над чаном с водой помещается полый шкив диаметром 1 м, имеющий несколько



Рис. 119

радиальных перегородок (рис. 119). При быстром вращении шкива навстречу ему поднимается из чана крутящийся водяной смерч. Объяснить явление. Какова причина образования смерча в природе?

О т в е т. 1. Шкив закручивает столб воздуха, внутри которого (т. е. внутри воздушных вихрей) давление понижено. Поэтому вода устремляется вверх и одновременно, благодаря трению о крутящийся воздух, приходит во вращательное движение.

2. В месте встречи двух воздушных масс с разными температурами и скоростями возникают вращающиеся столбы воздуха, поперечник которых достигает десятков и даже сотен метров. Столб вращается вокруг вертикальной оси и несется вперед. Скорость движения воздуха внутри достигает 100 м/с. Вследствие быстрого вращения воздух отбрасывается к периферии вихря и внутри него понижается давление. Когда такой столб приближается

к воде, то засасывает ее в себя, образуя колоннообразную вращающуюся массу воды, представляющую большую опасность для судов.

152. *Кольцевые вихри в воздухе.* Изготовить из жести полый цилиндр длиной 40 см и диаметром 20 см. Одно из его оснований затянуть мембраной, а в другом сделать отверстие диаметром 8 см (рис. 120). Поставить на столе со стороны этого отверстия легкий бумажный цилиндр и резко ударить рукой по мембране. Бумажный цилиндр опрокинется. Объяснить явление.

О т в е т. Поток воздуха, выброшенный ударом из отверстия, тормозится у его краев, благодаря чему образуются воздушные вих-

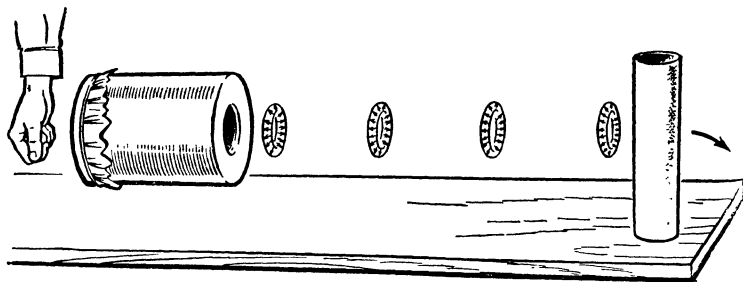


Рис. 120

ревые кольца, движущиеся с большой скоростью. Удар такого кольца опрокидывает цилиндр. Кольца можно сделать видимыми, если наполнить жестяной цилиндр табачным дымом.

153*. Почему при командных велогонках члены каждой команды движутся след в след, возможно ближе друг к другу и передние гонщики периодически переходят на место замыкающего?

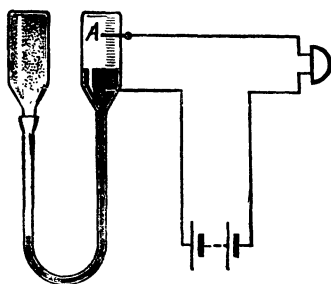


Рис. 121

О т в е т. При таком построении команды основную часть силы сопротивления воздуха преодолевает ведущий гонщик, остальные члены команды стремятся двигаться вплотную за ним, чтобы команда образовывала как бы единое, возможно более обтекаемое тело. Переднему гонщику тяжелее всех вести гонку, и поэтому через некоторое время он уступает свое место следующему за ним товарищу, сохранившему запас сил, для того чтобы вести гонку без снижения скорости.

154*. На рисунке 121 изображен прибор, с помощью которого можно обнаружить появление в воздухе какого-нибудь газа, более легкого, чем воздух (например, метана в шахтах). Прибор состоит из двух сообщающихся сосудов, в которых налита ртуть. Один сосуд оканчивается пористым цилиндром, а другой открыт. Прибор включен в электрическую цепь. Почему при появлении в воздухе метана или другого легкого газа звонок начинает звонить?

О т в е т. Молекулы легкого газа диффундируют через стенки пористого цилиндра быстрее, чем из него выходят молекулы воздуха. Поэтому давление в цилиндре возрастает, ртуть вытесняется в правый сосуд и, касаясь иглы А, замыкает цепь.



ТЕПЛОБМЕН. РАСШИРЕНИЕ ТЕЛ ОТ НАГРЕВАНИЯ

155. Толстый гвоздь плотно обернуть полоской бумаги и внести его в пламя свечи (рис. 122). Бумага не горит. Объяснить явление.

Ответ. Железо, обладая хорошей теплопроводностью, отводит тепло от бумаги, поэтому она не загорается.

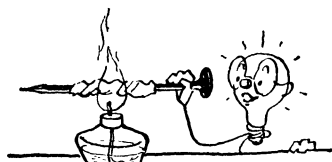


Рис. 122

156. На цинковую пластинку 1 положить тонкий лист слюды 2. Нагреть изогнутую в дугу латунную полоску 3 и положить ее на середину слюды (рис. 123). Если пластинку слегка толкнуть, то она начинает колебаться. Колебание будет продолжаться длительное время. Объяснить явление.

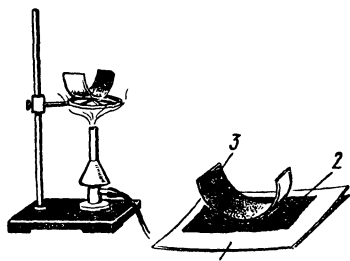


Рис. 123

Ответ. Под латунной пластинкой слюда нагревается и образует выпуклость, в результате чего пластинка наклоняется в одну сторону, затем слюда прогревается в другом месте, пластинка перемещается обратно и т. д.

Цинковый лист под слюдой охлаждает ее, поэтому пластинка в каждый момент касается холодного места слюды и, нагревая, деформирует его. Если бы цинкового листа не было, то слюда быстро бы нагрелась и колебание пластинки прекратилось.

157*. В каком случае для нагревания металлического шара до одной и той же температуры потребуется больше энергии: если шар висит на нити или если он лежит на подставке? Считать, что подставка и нить энергию не поглощают.

О т в е т. Для нагревания шара, лежащего на подставке, требуется больше энергии, так как при расширении от нагревания центр тяжести этого шара перемещается вверх, при этом увеличивается потенциальная энергия шара.

У висящего на нити шара центр тяжести при нагревании понижается, и поэтому для его нагревания необходимо затратить меньшую энергию.

158. Тело, плавающее в холодной воде и тонущее в горячей. В небольшую пробирку положить несколько дробин и заткнуть ее пробкой. Количество дробин и величину выступающей части пробки отрегулировать так, чтобы пробирка в воде, нагретой до 40°C , медленно погружалась. Такая пробирка тонет в горячей воде, нагретой выше 40°C , и плавает в холодной. Объяснить явление.

О т в е т. Нагреваясь, вода расширяется, ее плотность становится меньше, чем у холодной воды. Средняя плотность пробирки больше плотности горячей воды и меньше плотности холодной воды. Поэтому в горячей воде она тонет, а в холодной плавает.

159*. Два сообщающихся сосуда наполнены однородной жидкостью (рис. 124). Изменится ли уровень жидкости в сосуде *Б*, если нагреть жидкость в сосуде *А*? Рассмотреть три случая: а) сосуд *А* цилиндрический; б) сосуд *А* расширяющийся; в) сосуд *А* сужающийся.

О т в е т. а) Пусть при нагревании жидкости в цилиндрическом сосуде *А* ее уровень повысится на h см. При этом ее сила тяжести,

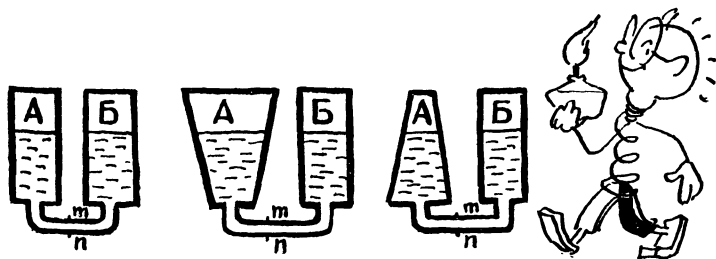


Рис. 124

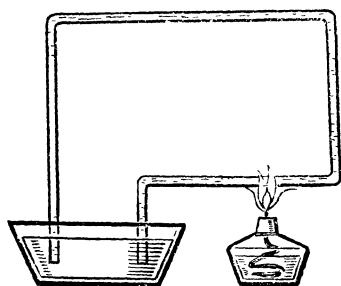


Рис. 125

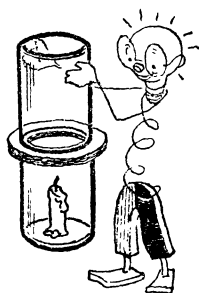


Рис. 126

а также гидростатическое давление в сечении mn соединительной трубки останутся неизменными. Поэтому уровень жидкости в сосуде B также не изменится.

б) При нагревании жидкости в расширяющемся сосуде A ее уровень поднимется на высоту, меньшую чем h см, следовательно, и ее гидростатическое давление в сечении mn будет меньше, чем в первом случае. Поэтому уровень жидкости в сосуде B понизится.

в) Так же можно доказать, что если сосуд A сужающийся, то уровень жидкости в сосуде B повысится.

160. В сосуд с подкрашенной водой опустить изогнутую в виде прямоугольника трубку, наполненную чистой водой (рис. 125). При нагревании нижнего колена трубки вода из сосуда поднимается в трубку. Объяснить явление.

О т в е т. Нагретые слои воды, расширяясь, становятся легче окружающих холодных слоев, поэтому всплывают вверх и вытесняют вниз холодные слои. Происходит циркуляция воды (конвекция).

161. В стакан поставить зажженный огарок свечи. На верхний край стакана положить несколько сложенных стопкой и намоченных в воде бумажных колец, внутренний диаметр которых немного меньше диаметра стакана. Осторожно поставить на эти прокладки второй перевернутый стакан и прижать его к бумаге (рис. 126). Свеча вскоре потухнет. Взяв рукой за верхний стакан, поднять его. Вместе с ним поднимается и прилипший к нему нижний стакан. Объяснить явление.

О т в е т. Пламя свечи нагревает воздух в стакане, он расширяется, и часть его выходит наружу. После того как свеча погаснет, воздух в стакане охлаждается, его давление становится меньше атмосферного. Поэтому внешнее атмосферное давление прижимает один стакан к другому.

162. Оба конца стеклянной трубки длиной 15 см закрыть картофельными пробками, полученными погружением

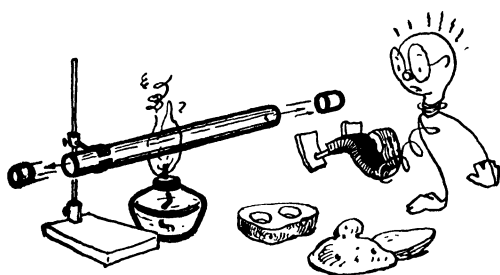


Рис. 127

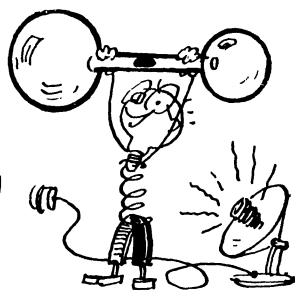


Рис. 128

ем концов трубки в пластинку толщиной 1,5 см, вырезанную из картофеля (рис. 127).

Нагреть середину трубки в пламени спиртовки. Пробки вылетят. Объяснить явление.

Примечание. Прибор заслонить от зрителей куском оконного стекла.

Ответ. При нагревании воздуха в трубке давление его увеличивается, он расширяется и выталкивает пробки.

163*. Два шара с объемами V_1 и V_2 , наполненные воздухом при 0°C , соединены трубкой, в которой помещен столбик ртути (рис. 128). Будет ли перемещаться этот столбик при изменении окружающей температуры? Рассмотреть два случая: 1) трубка горизонтальная; 2) трубка вертикальная. Расширением шаров при нагревании пренебречь.

Ответ. Приращения давлений воздуха в шарах при нагревании на Δt градусов равны:

$$\Delta p = \frac{p_0}{273} \Delta t, \quad \Delta p' = \frac{p'_0}{273} \Delta t.$$

При горизонтальном расположении трубки $p_0 = p'_0$, следовательно, $\Delta p = \Delta p'$, столбик ртути останется в покое. При вертикальном расположении трубки $p'_0 = p_0 + p$, где p'_0 — давление воздуха в нижнем, p_0 — в верхнем шаре и p — давление столбика ртути.

Очевидно, $p'_0 > p_0$ и, следовательно, $\Delta p' > \Delta p$. Столбик ртути начнет подниматься вверх.

164*. Будет ли гореть спичка, зажженная внутри искусственного спутника, движущегося по орбите вокруг Земли?

Ответ. Все предметы внутри спутника находятся в состоянии невесомости. Поэтому конвекции воздуха внутри спутника не будет и продукты сгорания, скопясь около пламени, погасят его.

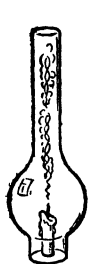


Рис. 129

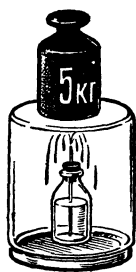


Рис. 130

165. Горящую свечу накрыть ламповым стеклом — свеча гаснет. Опыт повторить, предварительно вставив внутрь стекла Т-образную перегородку из жести, — свеча продолжает гореть. Объяснить явление (рис. 129).

Отв е т. Перегородка делит ламповое стекло на две части. По одной из них перемещаются вверх теплые струи воздуха, содержащие продукты горения, а по другой вниз — холодные. Таким образом, улучшаются условия доступа к свече кислорода и горение становится возможным.

166. Взять банку с плотной крышкой и небольшой пузырек. Пузырек, наполовину наполненный водой, плотно закрыть пробкой, в которую вставить трубку так, чтобы ее нижний конец почти доходил до дна пузырька. Пузырек поставить на внутреннюю поверхность крышки, положенной верхней стороной на стол. На крышку надеть резиновое кольцо-прокладку (рис. 130).

Банку некоторое время подержать отверстием вниз над пламенем свечи или спиртовки и затем плотно насадить на крышку так, чтобы пузырек оказался внутри банки. Банку утяжелить грузом в 30—50 Н. Из пузырька начнет бить фонтанчик воды. Объяснить явление.

Отв е т. Так как воздух в банке нагревается, то часть его выходит из нее. После того как банку насадят на крышку, давление воздуха в ней из-за охлаждения станет меньше, чем в пузырьке. Поэтому воздух, находящийся в пузырьке, выгонит воду из него.

ИЗМЕНЕНИЕ АГРЕГАТНОГО СОСТОЯНИЯ ТЕЛ

167. Будет ли таять лед и замерзать вода в комнате, где подерживается температура 0°C ?

Отв е т. Внесенный в комнату лед нагреется до 0°C . Чтобы он растаял, надо к нему подводить тепло. А так как температура окружающего воздуха 0°C , то теплообмена не будет и лед не растает. Аналогично доказывается, что вода не будет замерзать.

168. Столовую ложку с мелкоистолченным льдом или снегом 1 поместить на стеклянную пластинку 4, под которую

подложить термоизолирующую подкладку (рис. 131). Под ложку накапать несколько капель воды 3, а на лед или снег насыпать чайную ложку поваренной соли 2. Через несколько минут поднять ложку за черенок, к ней пристанет стеклянная пластинка. Объяснить явление.

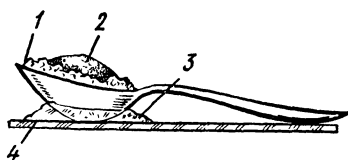


Рис. 131

Примечание. Надо следить, чтобы в воду, находящуюся под ложкой, не попали кристаллы соли.

Ответ. На плавление снега или льда тратится некоторое количество теплоты, которое заимствуется от самой смеси. Поэтому смесь охлаждается, что вызывает замерзание воды между ложкой и стеклянной пластинкой.

169. Опыт с сухим льдом. Сухой лед представляет собой твердую углекислоту и имеет температуру -78°C . Его нельзя брать голыми руками, так как это приведет к ожогу.

Прижать металлическую ложку к куску сухого льда. Ложка издаст громкий, завывающий звук. Объяснить явление.

Ответ. В том месте, которого коснулась ложка, лед нагревается и минуя жидкое состояние, превращается в углекислый газ. Газ, с силой вырываясь из-под ложки, приводит ее в колебательное движение, которое и порождает звук.

170. Бросить кусочек сухого льда в стакан, на две трети наполненный водой. Клубы пара, вырываясь из стакана, окутают его. Объяснить явление.

Ответ. Вода, которая гораздо лучше, чем воздух, проводит тепло, нагревает сухой лед. Последний, испаряясь, превращается в углекислый газ, который охлаждает и конденсирует водяные пары, незримо присутствующие в воздухе. Таким образом, наблюдаемые клубы пара являются микроскопическими водяными капельками.

171. Зажать в лапку штатива носовой платок, облить его спиртом (или одеколоном) и поджечь. Несмотря на пламя, охватывающее платок, он не сгорит. Объяснить явление.

Ответ. Платок предварительно надо смочить водой, а затем отжать его. Выделяющаяся при горении спирта теплота пойдет на испарение воды и не сможет зажечь ткань.

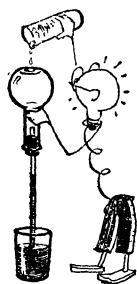


Рис. 132

172*. Ускорится ли таяние льда в теплой комнате, если накрыть его шубой?

О т в е т. Шуба обладает плохой теплопроводностью, она задерживает приток тепла ко льду, и таяние его замедлится.

173*. Будут ли затоплены материки мировым океаном, если весь плавающий в нем лед по каким-нибудь причинам растает?

О т в е т. Нет. Вес льда равен весу воды, получившейся из него при таянии, следовательно (по закону плавания тел), весу воды в объеме погруженной части льда. Поэтому, если плавающий лед растает, уровень мирового океана не изменится.

174. Колбу заткнуть пробкой, через которую проходит стеклянная трубка. Трубку опустить в стакан с подкрашенной водой (рис. 132). На доньшко колбы налить эфир. Вода из стакана поднимется в трубку. Объяснить явление.

П р и м е ч а н и е. При работе с эфиром вблизи не должно быть открытого пламени. После опыта проветрить комнату.

О т в е т. Теплота, необходимая для испарения эфира, заимствуется от воздуха в колбе. При охлаждении этого воздуха его давление падает и атмосферный воздух загоняет воду в трубку.

175. Для опыта используется так называемый «кипятыльник Франклина», который состоит из двух стеклянных шариков, соединенных между собой трубкой. Воздух из шариков выкачан, и они частично заполнены спиртом.

Один из шариков «кипятыльника Франклина» поместить в сосуд с водой, а другой — в смесь снега с солью (рис. 133). Через несколько минут вокруг шарика, опущенного в воду, образуется ледяное кольцо, наиболее толстое в месте, где находится уровень спирта. Объяснить явление.

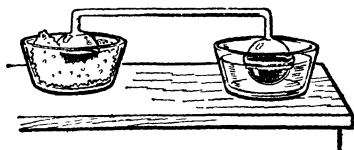


Рис. 133

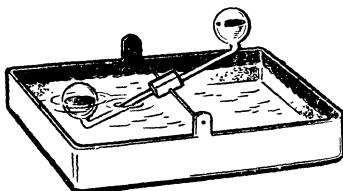


Рис. 134

О т в е т. В охлаждаемом шарике пары спирта конденсируются, что видно по увеличению количества жидкости в этом шарике. Поэтому в другом шарике жидкость усиленно испаряется с поверхности, в этом месте стенки шарика наиболее охлаждаются, и здесь образуется больше льда.

176. Продемонстрировать прибор, главная часть которого — «кипятильник Франклина». Прибор закрепить на оси над кюветой, наполненной теплой водой (рис. 134). «Кипятильник» периодически колеблется, причем его шарики поочередно погружаются в воду. Объяснить явление.

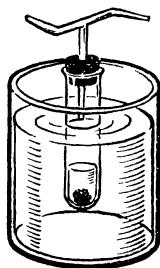


Рис. 135

О т в е т. Тот шарик, в котором спирта больше, перевешивает и, соприкасаясь с теплой водой, нагревается. В нем возрастает давление насыщающих паров спирта, занимающих пространство над жидким спиртом. Во втором же шарике, находящемся в контакте с окружающим холодным воздухом, давление насыщающих паров будет меньше. Поэтому спирт из нижнего шарика вытесняется в верхний, последний перевешивает и погружается в воду. Затем процесс повторится.

177. В пробирку налить немного серного эфира, положить небольшой грузик (для устойчивого плавания) и плотно закрыть пробкой, сквозь которую пропустить стеклянный тройник с концами, загнутыми в виде сегнера колеса (рис. 135). Если пробирку пустить плавать в сосуд с горячей водой, то она начинает вращаться. Объяснить явление.

О т в е т. Пробирка вращается вследствие реакции вытекающей струи эфира, который под влиянием нагревания в горячей воде начинает интенсивно испаряться.

178. Будет ли кипеть вода в кастрюле, плавающей в кастрюле большего размера, в которой кипит вода?

Ответ проверить опытом.

О т в е т. Когда температура воды во внутренней кастрюле будет 100°C (т. е. равна температуре воды во внешней кастрюле), теплообмен прекратится. А так как для кипения необходим приток тепла, то вода во внутренней кастрюле кипеть не будет.

179. В прибор для демонстрации «фонтана в пустоте» (рис. 136) налить слегка подогретую воду, а затем откачать воздух насосом Комовского. Вода начинает кипеть.

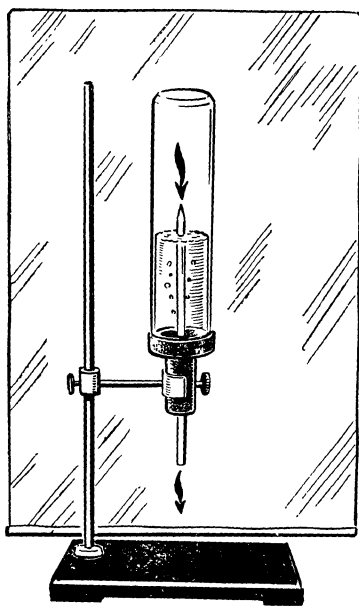


Рис. 136

(Опыт надо проводить на фоне подсвечивающего экрана.)
Объяснить явление.

О т в е т. Точка кипения воды зависит от внешнего давления. При откачивании из сосуда воздуха его давление на воду уменьшается и она закипает уже при комнатной температуре.

180. Раскалить на газовой горелке алюминиевую тарелку. Вылить в нее маленькими порциями половину чайной ложки воды. Отдельные капли сольются вместе и образуют приплюснутый шарик — сфероид. Он спокойно, почти не испаряясь, лежит на раскаленном металле. Прекратить нагревание тарелки. Водяной сфероид мгновенно испарится. Объяснить явление.

П р и м е ч а н и е. Не следует наклоняться над тарелкой.

О т в е т. Водяной сфероид на раскаленной поверхности образует под собой плохо проводящий тепло слой пара — паровую «подушку», на которой и лежит, почти не испаряясь. При уменьшении температуры тарелки паровая опора исчезает, сфероид касается металла и мгновенно испаряется.

181*. Какова причина образования наблюдающегося иногда облачного следа за высоко летящим самолетом?

О т в е т. При спокойном воздухе и безоблачном небе в верхних слоях атмосферы (на высоте 3—6 км) нередко возникает такое состояние, когда количество водяного пара превышает то, которое необходимо для насыщения воздуха при данной температуре. Такое неустойчивое состояние пара называют пересыщенным. Пролетающий самолет оставляет за собой множество мельчайших частиц копоти, являющихся центрами конденсации водяного пара. При конденсации пара на этих частицах образуются капельки воды или, если температура воздуха ниже нуля, кристаллики льда, из которых и состоит след самолета.

182. Оба колена U-образной трубки, частично наполненной водой, закрыть пробками. Если наклонить трубку то уровни воды в коленах устанавливаются на разной вы-

соте. Затем наклонить «кипятильник Франклина» (рис. 137) (см. задачу 174). Уровни в обоих коленах устанавливаются на одной высоте.

Почему эти опыты дают разный результат?

О т в е т. При наклоне «кипятильника» насыщающие пары спирта, находящиеся в его коленах, изменяют свой объем, но их давление согласно свойству насыщающих паров остается прежним. Поэтому и уровни спирта в коленах устанавливаются на одинаковой высоте. Когда наклоняют U-образную трубку, то объем воздуха в ее коленах изменяется и давление тоже изменяется. Поэтому уровни воды в трубке располагаются на разной высоте.

183. Изготовить сифон специального устройства (рис. 138). Короткое колено сифона состоит из короткой широкой трубки, закрытой с двух сторон резиновыми пробками, сквозь которые пропущены стеклянные трубки, причем нижнюю, имеющую оттянутый конец, другим концом опустить в химический стакан с водой. Второе колено сифона представляет собой резиновую метровую трубку с зажимом на конце, тоже заполненную водой.

Воду в стакане довести до кипения и убрать спиртовку. Когда кипение прекратится, открыть зажим, после чего вода в широкой трубке закипит. Объяснить явление.

О т в е т. Если открыть зажим, то вода начнет вытекать из длинного колена, давление внутри короткого колена уменьшится, поэтому вода закипит.

184. В пробирке подогреть на небольшом пламени спиртовки воду. Когда вода закипит, в пробирку вставить пробку с пропущенной через нее стеклянной трубкой, на которую надета резиновая трубка с грушей.

При сжатии груши рукой кипение прекращается, при отпуске — вода снова закипает. Объяснить явление.



Рис. 137

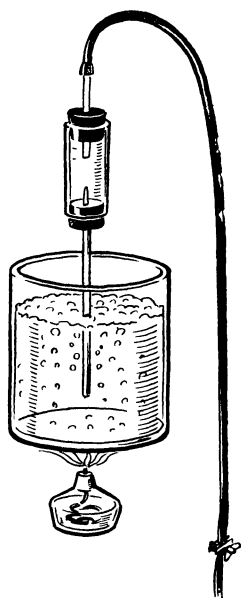


Рис. 138

О т в е т. Когда сжимают грушу, давление в пробирке увеличивается, а это повышает точку кипения воды. Так как температура воды остается прежней, кипение прекращается.

МОЛЕКУЛЯРНЫЕ СИЛЫ В ЖИДКОСТЯХ

185. Диск из алюминия (диаметр 20 см, толщина 1 мм), нижняя поверхность которого смазана солидолом, осторожно, держа за привязанные к нему нити, положить плашмя на поверхность воды, налитой в широкий стеклянный сосуд (рис. 139). В центре диска поставить гиру массой 100 г. Почему, несмотря на то что алюминий в 2,5 раза тяжелее воды, диск плавает на ее поверхности?

О т в е т. Смазанная солидолом поверхность диска не смачивается водой, и он плавает, так как его поддерживает водная поверхностная пленка.

П р и м е ч а н и е. Чтобы показать, что не солидол поддерживает диск, надо погрузить последний ребром в воду, и он утонет.

186. Из парафина сделать шарик диаметром 4 см. В шарик вдавить кусочек металла такого размера, чтобы средняя плотность шарика была немного больше, чем у воды. Если такой шарик резко бросить в воду, то он потонет; если же его осторожно опустить на воду, то будет плавать.

Опустить шарик на дно большого стеклянного сосуда с водой. В этот сосуд погрузить вверх дном стакан (диаметр которого в 2—3 раза больше поперечника шарика) и накрыть им шарик (рис. 140). Поднять стакан вверх — вместе с ним будет подниматься и шарик. Когда шарик будет плавать на поверхности воды, стакан осторожно убрать. Объяснить явление.

О т в е т. Парафиновый шарик не смачивается водой. Если его положить осторожно на воду, то поверхностная пленка будет поддерживать его и он не утонет.

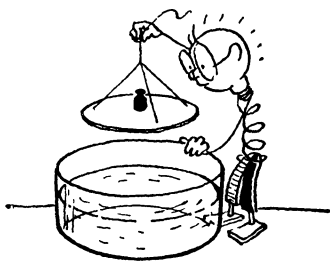


Рис. 139

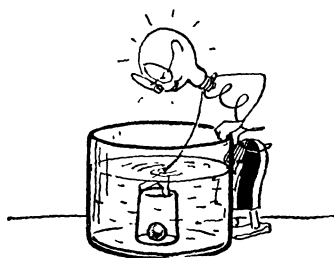


Рис. 140

Когда лежащий на дне сосуда шарик накрывают стаканом, содержащий в стакане воздух вытесняет воду из пространства, окружающего шарик. Если после этого поднимать стакан, под шариком образуется слой воды, поверхностная пленка которой будет поддерживать шарик и поднимать его по мере поднятия стакана.



Рис. 141

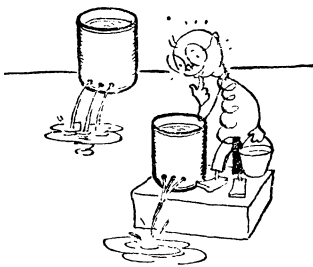


Рис. 142

187. Выскакивающий поплавок (рис. 141). Сквозь большую пробку продеть кусок проволоки толщиной 1—2 мм. К нижнему концу поплавка прикрепить свинцовый груз, а недалеко от верхнего конца проволоки перпендикулярно к ней припаять плоскую металлическую сетку размером 60×60 мм.

Вес свинцового груза должен быть таким, чтобы прибор в сосуде плавал стоймя, а верхняя часть пробки немного выступала из воды.

Погрузить прибор так, чтобы сетка оказалась под водой, — он останется в таком же положении. Налить в стакан несколько капель эфира и наклонить стакан над поверхностью воды, в которой плавает поплавок (осторожно, чтобы не вылилось ни капли эфира). Поплавок выскочит из воды, причем сетка окажется над ее поверхностью. Объяснить явление.

О т в е т. Тяжелые пары эфира, опускаясь на поверхность воды, уменьшают ее поверхностное натяжение, поэтому поверхностная пленка воды не может удержать сетку под водой.

188. На столе стоит стакан с водой, узкогорлый флакон (например, от одеколона) и кусок тонкой проволоки. Как налить воду из стакана во флакон?

Обосновать использованный способ.

О т в е т. Опустить конец проволоки внутрь флакона, а к другому концу приложить край стакана. Вода будет стекать по проволоке во флакон, потому что поверхностная пленка стекающей воды образует своего рода трубку, которая не дает воде проливаться.

189. «Склеивание» водяных струй. В консервную банку, в стенке которой пробиты три отверстия диаметром около 1 мм каждое (рис. 142), налить воды. Она будет вытекать тремя струйками. Сдавить струи пальцами, проводя ими

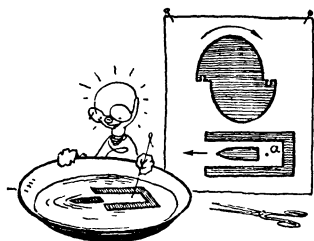


Рис. 143

по стенке банки. Струи соединятся в одну струю. Объяснить явление.

О т в е т. Опыт объясняется молекулярным притяжением струй, которое возникает при их сближении.

190. В центр поверхности воды, налитой в кювету, с помощью пипетки капнуть чернила. Капля мгновенно растекается во все стороны к стенкам кюветы. Объяснить явление.

О т в е т. Чернила уменьшают силы поверхностного натяжения в центре поверхностной пленки воды.

П р и м е ч а н и е. Для этого опыта использовать прозрачную кювету и показывать опыт в проекции на потолок.

191. Из тонкого картона (можно взять открытку) вырезать фигуры, изображенные на рисунке 143, и окунуть их в расплавленный парафин.

После застывания парафина фигуры пустить плавать на поверхность воды, налитой в стеклянную ванночку. В расширение прорезей первой фигуры положить небольшие кристаллики камфоры — фигура начнет вращаться по часовой стрелке.

Концом проволоки, смоченной в мыльном растворе, коснуться поверхности воды в точке *a* второй фигуры. «Ядро» вылетит из «пушки». (Опыты показать в световой проекции на потолок.) Объяснить явление.

О т в е т. В том месте, на которое попадает камфора или мыльный раствор, поверхностное натяжение воды уменьшается, и тогда остальная «неповрежденная» часть поверхностной пленки, сокращаясь, тянет за собой плавающие на поверхности воды фигуры.

192. «Пляска» камфоры. Чистую кювету наполнить свежей водопроводной водой и поместить на прибор для горизонтальной проекции на потолок. Насыпать мелкие крупинки камфоры на поверхность воды — они начинают энергично вращаться. Капнуть на поверхность воды масла — крупинки камфоры мгновенно останавливаются. Объяснить явление.

О т в е т. Движение крупинки камфоры объясняется неравномерным растворением ее в воде, вследствие чего поверхностное натяжение воды изменяется неравномерно: с одной стороны крупинки больше, чем с другой. Масляная пленка мгновенно покрывает поверхность воды и не позволяет раствору камфоры растекаться по ней.

193. Тщательно промытую стеклянную воронку конусом полностью погрузить в воду, чтобы смочить ее внутреннюю поверхность. Затем вынуть из воды воронку и, закрыв ее трубку мокрым пальцем, погрузить в мыльный раствор. При извлечении воронки из раствора на ее конусе образуется мыльная пленка (рис. 144). Отпустить палец. Пленка начнет подниматься вверх по поверхности конуса внутрь воронки к ее трубке. Объяснить явление.

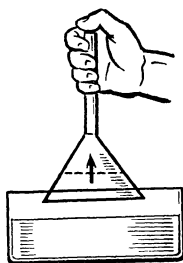


Рис. 144

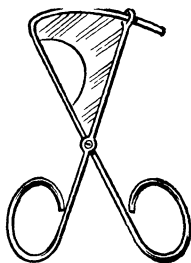


Рис. 145

О т в е т. Под действием сил поверхностного натяжения пленка сокращается и это вызывает ее движение вверх.

194. Изготовленный из проволоки каркас (рис. 145), напоминающий ножницы, опустить в мыльный раствор и образовать на нем пленку. Прорвать раскаленной иглой пленку внутри привязанной к каркасу нитяной петли. Нитка, растягиваемая мыльной пленкой, приобретает форму дуги. Передвигая ручки «ножниц», растягивают мыльную пленку. Почему, несмотря на это, форма нитяной петли не меняется?

О т в е т. Если растягивать резиновую пленку, количество молекул на ее поверхности не меняется, а силы упругости возрастают. При растяжении мыльной пленки молекулы переходят из жидкости на поверхность пленки, число их на поверхности возрастает, а расстояния между ними и силы поверхностного натяжения, действующие на нитяную петлю, остаются прежними.

195. В стеклянный сосуд с водой пустить плавать игрушку из целлулоида. Если коснуться поверхности воды кусочком сахара, то игрушка подплывет к нему. Если коснуться кусочком мыла, то игрушка отплывет. Объяснить явление.

О т в е т. Сахар увеличивает поверхностное натяжение воды. См. ответ к задаче 191.

196. Космонавт П. Р. Попович, находясь в кабине космического корабля в условиях невесомости, наблюдал за пузырьками воздуха в закупоренной колбе, заполненной примерно на две трети водой. В спокойном состоянии воздух собирался в один большой пузырь в середине колбы,

а вокруг него была вода (рис. 146). При взбалтывании воздух разбивался на множество мелких пузырьков, которые затем опять постепенно собирались в один. Объяснить опыт.

О т в е т. Силы сцепления между молекулами воды и стенками сосуда больше сил сцепления между молекулами самой воды. Поэтому вода в колбе беспрепятственно поднимается у стенок (в обычных условиях этому мешает сила тяжести) и полностью покрывает внутреннюю поверхность колбы. Воздух при этом оказывается внутри воды.

Силы поверхностного натяжения максимально сокращают свободную поверхность воды, вследствие чего воздушный пузырь стремится приобрести сферическую форму.

Когда воздушные пузырьки собираются в один пузырь, воздух возвращается к устойчивому состоянию, так как при этом свободная поверхность жидкости становится минимальной.

197. Приготовить раствор хозяйственного мыла, в который добавить $\frac{1}{3}$ глицерина (по объему). Окунув в раствор крестообразно расщепленный конец соломинки, выдуть мыльный пузырь и осторожно опустить его на проволочное кольцо. Затем сверху к пузырю приложить такое же кольцо, смоченное раствором (рис. 147). Куском раскаленной проволоки проткнуть пузырь в верхней точке. Мыльная пленка внутри верхнего кольца лопнет, внутри нижнего кольца будет плоской, а между кольцами выгнется внутрь. Объяснить причину изменения формы пленки.

О т в е т. Давление воздуха внутри мыльного пузыря уравновешивает давление мыльной пленки и внешнее атмосферное давление. После прокалывания пузыря давление внутри получившейся фигуры будет равно атмосферному. Следовательно, давление мыльной пленки падает до нуля. Это возможно лишь потому, что в каждой точке между кольцами пленка имеет двойную кривизну, причем радиусы кривизны равны и имеют противоположные знаки. По формуле Лапласа, где α — коэффициент поверхностного натяжения, ее давление равно:

$$p = \alpha \left[\frac{1}{R} + \left(-\frac{1}{R} \right) \right] = 0.$$



Рис. 146

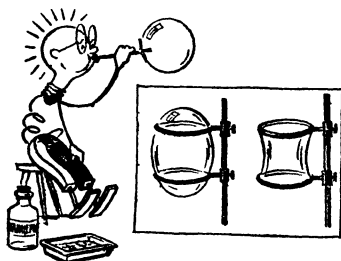


Рис. 147

198. Подобрать две такие соломинки, чтобы конец одной плотно входил в другую. Выдуть на этих соломинках два мыльных пузыря разных диаметров. Соединить соломинки концами так, чтобы получилась одна целая трубка с мыльными пузырями на концах (рис. 148). Пузырь с меньшим диаметром будет уменьшаться, а воздух из него перейдет в больший пузырь. Объяснить явление.

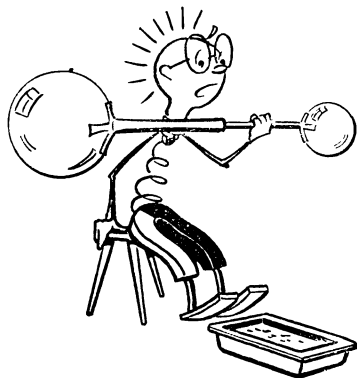


Рис. 148

О т в е т. Давление поверхностной пленки пузыря на находящийся в нем воздух, вызываемое силами поверхностного натяжения, тем больше, чем меньше диаметр пузыря.

199. Приведите примеры использования сил поверхностного натяжения в мире живой природы.

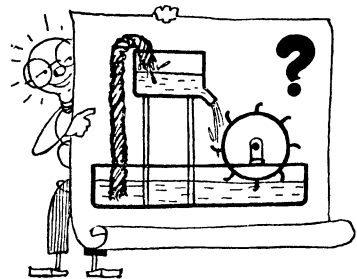


Рис. 149

О т в е т. 1. Поверхностная пленка воды играет роль опоры для многих организмов. Например, водяное насекомое — водомерка — опирается на воду только конечными члениками широко расставленных лапок, которые не смачиваются водой. Под ее лапкой поверхностный слой немного прогибается. Водомерка не только скользит по воде, но и делает громадные прыжки, не прорывая поверхностного слоя.

2. Личинка комара подвешивается снизу к поверхностной пленке с помощью особых крючков, окружающих ее органы дыхания. Если **залить** поверхность воды тонким слоем нефти, то прочность поверхностного слоя уменьшается, он не может удержать личинку, она тонет и, лишившись возможности дышать, погибает.

200*. Проект капиллярно-фитильного вечного двигателя (рис. 149). По предположению изобретателя, вода из нижнего сосуда будет подниматься вверх по обыкновенному фитилю и стекать в верхний сосуд. Выливаясь отсюда, жидкость, попав на колесо, приведет его в движение. А затем из нижнего сосуда она вновь поднимется по фитилю вверх и т. д. Найти ошибку в этом проекте.

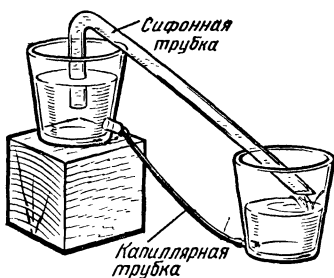


Рис. 150



Рис. 151

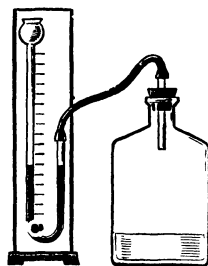


Рис. 152

О т в е т. Силы поверхностного натяжения, вследствие которых жидкость поднимается вверх по капиллярам фитиля, удержат ее от падения с фитиля на дно верхнего сосуда.

201*. На рисунке 150 изображен проект сифонно-капиллярного вечного двигателя. Изобретатель полагал, что вода из верхнего сосуда, перелившись по сифону в нижний, будет возвращаться в верхний по другим трубкам малого диаметра (капиллярным трубкам). В чем ошибка изобретателя?

О т в е т. Жидкость поднимается в капилляре потому, что давление поверхностной пленки под вогнутым мениском меньше, чем в широком сосуде. У сифонно-капиллярного вечного двигателя жидкость поднимается по капилляру до верхнего сосуда, если этот сосуд пустой. Здесь в месте расширения капилляра поверхностная пленка станет плоской, а ее давление на жидкость таким же, как в обычном сосуде. Таким образом, если в верхнем сосуде есть хотя бы небольшой запас жидкости, то капиллярная трубка окажется дополнительным каналом, по которому жидкость будет перетекать из верхнего сосуда в нижний.

202*. Осмотический вечный двигатель пытались построить следующим образом. В сосуд с чистой водой погружали трубку, нижнее отверстие которой было затянато животным пузырем (рис. 151). Трубку наполняли водным раствором сахара. Вследствие наличия осмоса (давления) уровень раствора в трубке становился значительно выше уровня воды в сосуде, причем, если трубка недостаточно высока, раствор переливался через ее верхний конец.

Изобретатель полагал, что раствор будет переливаться неограниченно долго. Является ли этот прибор вечным двигателем?

О т в е т. Нет. Вместо раствора сахара в трубку через пузырь поступает чистая вода. Как только концентрация раствора в сосуде и в трубке станет одинаковой, вода в трубку поступать не будет и прекратится переливание раствора через ее верхний конец.

203. В колбу вместимостью около 250 см³ налить 50 см³ воды и вставить пробку с пропущенной через нее стеклянной трубкой. Соединить эту трубку с манометром (рис. 152) и показать, что уровни воды в обоих его коленах стоят на одинаковой высоте. Затем вынуть пробку и бросить в колбу 10 г истолченного хлористого аммония (нашатыря), после чего пробку вставить вновь. Манометр покажет уменьшение давления. Объяснить явление.

О т в е т. При растворении нашатыря в воде происходит разрушение его кристаллической решетки и распределение молекул по всей массе растворителя, требующее затраты внутренней энергии. Поэтому раствор и воздух над ним охлаждаются, давление воздуха падает, что и фиксирует манометр.



ПОСТОЯННЫЕ МАГНИТЫ

204. На панели, скользящей на кольцах по вертикальным направляющим проволокам, укреплен прозрачный стакан из плексигласа, на дне которого лежит магнитное кольцо.

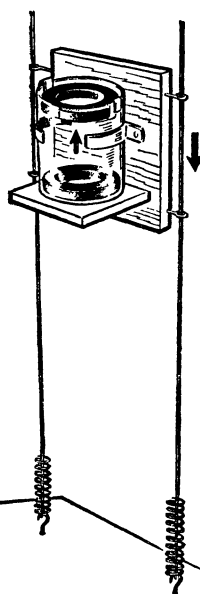


Рис. 153

Другое такое же кольцо, обращенное к первому разноименным полюсом, подвешено на трех крючках к краю стакана (рис. 153). Предоставить возможность прибору падать. После его остановки окажется, что нижнее кольцо прилипло к верхнему. Объяснить явление.

О т в е т. Силы взаимного магнитного притяжения действуют на верхнее кольцо вниз, а на нижнее — вверх. Поэтому при падении верхнее кольцо движется быстрее нижнего и догоняет его.

205. Держа стальной лист, одна сторона которого окрашена белой краской (рис. 154), наклонно окрашенной стороной к зрителям, равномерно посыпать его сверху железными опилками. Они соскальзывают вниз. Поднести к листу с обратной стороны подковообразный магнит, опилки в центре листа, прилипнув, образуют узор в виде стрелки. Объяснить явление.

О т в е т. Готовясь к викторине, стальной лист надо положить на наковальню и зубилом нанести на его поверхности насечку в виде стрелки. Затем эту насечку следует зашпаклевать, выровнять и окрасить лист белой краской. Магнит намагничивает лист, причем магнитное поле листа на границе насечки неоднородно. В этом месте и прилипают преимущественно опилки.

Опыт дает представление о магнитной дефектоскопии.

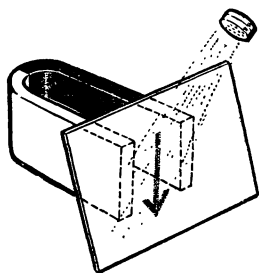


Рис. 154

206*. Один школьник предложил такой способ получения магнита с одним полюсом. Надо взять стальной шар и разрезать его от поверхности к центру на пирамидальные дольки (рис. 155). Затем следует намагнитить образовавшиеся части так, чтобы их вершины оказались намагниченными одноименно, затем снова сложить из этих частей шар. Тогда на поверхности останется один полюс. Можно ли этим способом получить магнит с одним полюсом?

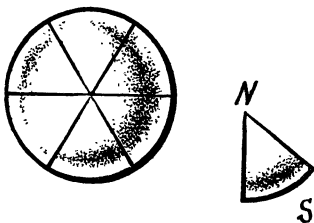


Рис. 155

О т в е т. Нет. Вследствие полной симметрии получившейся системы через каждую точку шара и окружающего пространства будет проходить равное число магнитных силовых линий противоположных направлений. Таким образом, «магнит» моментально сам себя размагнитит.

207*. В каждом из двух цилиндрических магнитов просверлено по одному отверстию — в первом магните перпендикулярно его оси, во втором — вдоль оси. Каков характер магнитного поля в этих отверстиях?

О т в е т. См. рисунок 156, а и б.

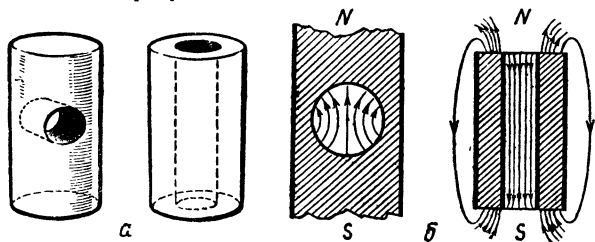


Рис. 156

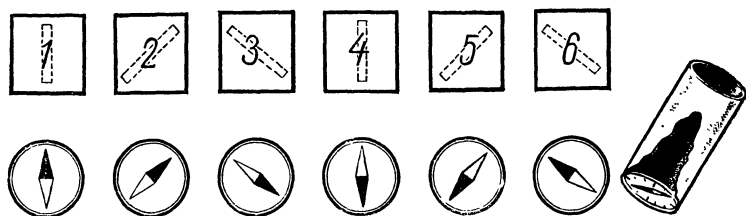


Рис. 157

208. «*Волшебная трубка*». Уложить рядом на столе 6 карточек, на которых написаны цифры 1, 2, 3, 4, 5, 6 так, чтобы получилось какое-нибудь шестизначное число, и накрыть их газетой. Ассистент ведущего викторину в это время должен находиться в соседней комнате. Затем он входит и с помощью картонной трубки «читает» через газету отложенное число и записывает его на доске. Эту запись сверяют, подняв газету, с числом, составленным из карточек. Оба числа оказываются одинаковыми. Объяснить «секрет» опыта.

О т в е т. Каждая карточка размером 7×7 см состоит из двух картонных листков, между которыми вклеены намагниченные куски длиной по 6 см от использованных ножовочных полотен. Магнитные оси подобных магнитов расположены в разных карточках различно (рис. 157). Уложив карточки в порядке возрастания написанных на них цифр, подносят к ним поочередно компас, замечают, как располагается северный полюс его стрелки, и против него на лимбе компаса ставят соответствующие цифры. Затем компас закрепляют на дне узкого картонного цилиндра.

209. К одному и тому же полюсу магнитной стрелки поднести стальной стержень поочередно разными концами. Стрелка в обоих случаях отталкивается. Объяснить явление.

О т в е т. Стальной стержень предварительно намагнитить так, чтобы оба его конца имели одинаковые полюсы. Для этого на него нужно надеть две одинаковые проволочные катушки, витки которых намотаны в противоположных направлениях, и пропустить постоянный ток силой 2—3 А (рис. 158).

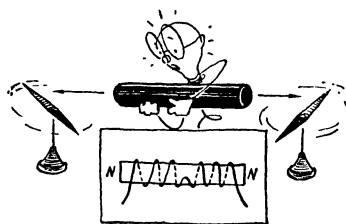


Рис. 158

210. Может ли стальная намагниченная полоса иметь более двух полюсов?

О т в е т. Может. Для подтверждения показать магнитный спектр

намагниченной ножовочной пилы, имеющей несколько чередующихся магнитных полюсов (рис. 159).

Пилу предварительно намагнитить, для чего на нее надеть четыре катушки из звонкового провода, причем направление намотки в соседних катушках должно быть противоположным. По ним в продолжение 20 мин пропускать постоянный ток силой 1,5—2 А.



Рис. 159

211. Магнитная вертушка.

Из никелевых проволок изготовить вертушку, которая с малым трением может поворачиваться на вертикальном острие (рис. 160). Поместить ее около полюса полосового магнита и нагреть один из лучей в пламени спиртовки. Вертушка начнет вращаться. Объяснить явление.

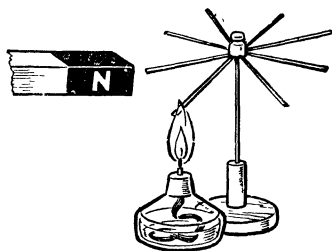


Рис. 160

О т в е т. Нагретая никелевая проволока утрачивает магнитные свойства, и силы притяжения симметрично расположенных проволок перестают уравновешиваться.

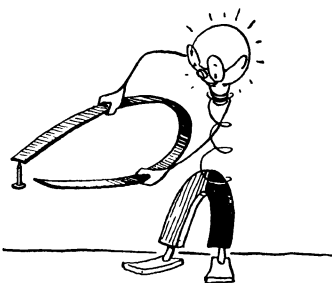


Рис. 161

212. Проколов в двух местах скорлупу куриного яйца, выдуть его содержимое. Одну дырочку заклеить воском, а другую закрыть шляпкой маленького гвоздика, введенного внутрь скорлупы. Шляпку гвоздика также залить воском. Чтобы воск был незаметен, скорлупу закрасить. Затем продемонстрировать притяжение скорлупы к магниту. Объяснить наблюдаемый эффект.

213. Взять тонкую стальную полоску или пружину (например, от будильника) длиной около 80 см и шириной 1,5—2 см и намагнитить ее с помощью сильного магнита. К намагниченному концу пружины приложить небольшой гвоздик, который повиснет на полюсе. Взяв в руки пружину, изогнуть ее так, чтобы магнитные полюсы сомкнулись (рис. 161). Гвоздик упадет. Объяснить явление.

О т в е т. В момент замыкания полюсов исчезает внешнее магнитное поле пружины, которое индуктивно намагничивало гвоздь.

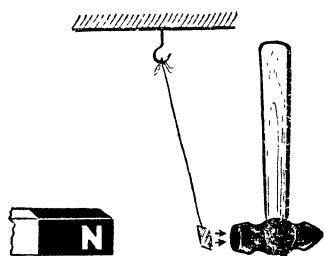


Рис. 162

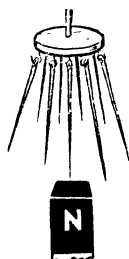


Рис. 163

214. На некотором расстоянии (15—20 см) от полюса сильного магнита положить железный молоток тупым концом к магниту. В пространство между молотком и магнитом ввести подвешенную на тонкой нити маленькую (10 × 20 мм)

железную пластинку (рис. 162). Если пластинка находится ближе к молотку, то она притягивается к молотку, если ближе к магниту, то притягивается к магниту.

Предварительно надо показать, что молоток не намагничен и пластинку не притягивает. Объяснить явление.

О т в е т. Около магнита молоток намагничивается, поэтому между молотком и магнитом возникает магнитное поле, величина магнитной индукции которого минимальна между ними и увеличивается по мере приближения к магниту и молотку. Ферромагнетик перемещается в магнитном поле в том направлении, в котором увеличивается его магнитная индукция.

215. *Магнетоскоп.* Магнетоскоп представляет собой небольшой латунный диск, на нижней поверхности которого висят на крючках 10—12 штук больших стальных иголок (рис. 163).

К магнетоскопу медленно приблизить снизу (к концам иголок) сильный постоянный магнит. Свободные концы иголок разойдутся, образуя конусообразный пучок.

Повернуть магнит на 180° и снова приблизить его к иголкам другим полюсом. Угол расхождения между иголками сначала уменьшится до нуля, а затем снова увеличится.

Опыт демонстрировать в теневой проекции. Объяснить явление.

О т в е т. При приближении магнита к иголкам нижние концы их (так же как и верхние) намагничиваются по индукции одноименно и потому отталкиваются друг от друга. Если подносить к магнетоскопу снизу магнит другим полюсом, то иголки сначала размагнитятся (поэтому силы отталкивания исчезнут), а затем снова намагнитятся.

216*. *Проект магнитного вечного двигателя* (рис. 164). По мысли автора проекта, железный шарик, притягиваемый магнитом, по наклонной плоскости *A* поднимается

вверх. Наверху он проваливается в отверстие и под действием силы тяжести скатывается вниз по специальному лотку *B*. Спустившись вниз, он снова под действием магнита будет катиться вверх по наклонной плоскости *A* и т. д. Найти ошибку автора этого проекта.

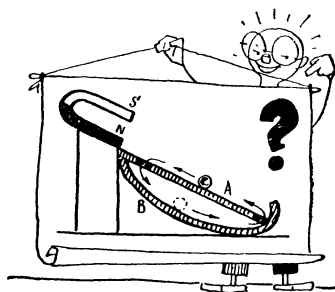


Рис. 164

О т в е т. При сильном магните шарик не провалится, а перескочит через верхнее отверстие. При слабом магните он, проскочив в отверстие, не сможет, докатившись до закругления внизу, перескочить на наклонной плоскости, так как магнит будет тормозить его движение.

ЭЛЕКТРОСТАТИКА

217. Наэлектризованную эбонитовую палочку поднести к маленькому листочку очень тонкой фольги. Листочек притянется и прилипнет к палочке. Резким движением листочек стряхнуть с палочки, а затем быстро подвести ее под падающий листочек. Он будет парить в воздухе над палочкой (рис. 165) и следовать за ней, если перемещать ее в горизонтальном направлении. Объяснить явление.



Рис. 165

О т в е т. Около наэлектризованной палочки листочек по индукции заряжается. На его ближайшей к палочке стороне появится разноименный (по отношению к заряду палочки) заряд, а на более удаленной — одноименный. Поэтому листочек притянется к палочке и коснется ее. При этом заряд, разноименный с зарядом палочки, нейтрализуется, а оставшийся одноименный заряд оттолкнет листочек.

218. Привести пример, когда при сближении двух разноименно заряженных тел сила притяжения между ними уменьшается до нуля.

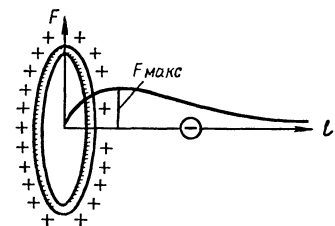


Рис. 166

О т в е т. Такими телами являются, например, заряженные

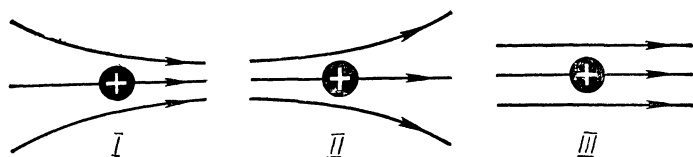


Рис. 167

разноименно кольцо и маленький шарик, находящийся на оси кольца, перпендикулярной к его плоскости (рис. 166). По мере приближения шарика к кольцу притяжение его сначала увеличивается, а затем начинает уменьшаться (так как вблизи плоскости кольца притяжения его отдельных частей почти уравниваются), а в самом центре, очевидно, равно нулю (см. на рис. 166 график зависимости силы притяжения F от расстояния l между шариком и кольцом). Задача показывает, что закон Кулона можно применять лишь к точечным зарядам.

219. Как будет вести себя положительно заряженный шар в каждом из электрических полей, изображенных на рисунке 167? Как будет вести себя в этих полях незаряженный шар?

О т в е т. Если положительно заряженный шар внести в любое из этих электрических полей, то он будет двигаться вправо. Незаряженный шар в поле I будет двигаться вправо, так как в этом направлении напряженность поля увеличивается. В поле II он будет двигаться влево, а в поле III он будет оставаться в покое, так как это поле однородно.

220. Положительно заряженный шар A поместили вблизи металлического шара B (рис. 168). Измерения показали, что сила электрического взаимодействия шаров равна нулю. Заряжен ли шар B ?

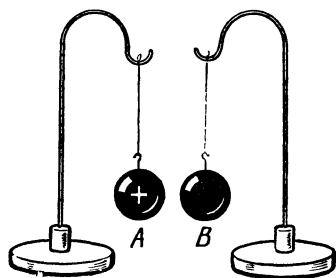


Рис. 168

О т в е т. Заряжен, так как если бы его заряд был равен нулю, то он притягивался бы к шару A . Нетрудно видеть, что заряд шара B положителен.

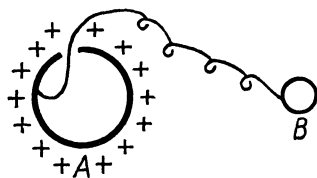


Рис. 169

221. Пóлый латунный шар A , имеющий небольшое отверстие, заряжен положительно (рис. 169). Как известно, на внутренней поверхности этого шара заряды отсутствуют. Зарядится ли металлический шар B , если его соединить проволокой с внутренней поверхностью шара A ?

О т в е т. Зарядится. Электроны, находящиеся на шаре *B* и в проводнике, соединяющем шары, будут притягиваться к положительным зарядам шара *A* и сначала перейдут на его внутреннюю поверхность, а затем на наружную. В результате шар *B* приобретет положительный заряд.

222. Чистый сухой песок через металлическую, хорошо изолированную воронку *1*, соединенную со стержнем электрометра, насыпать в металлическую коробку *2*, установленную под воронкой на площадке стержня другого электрометра (корпус каждого из электрометров заземлен) (рис. 170). Стрелки электрометров отклоняются. Объяснить явление.

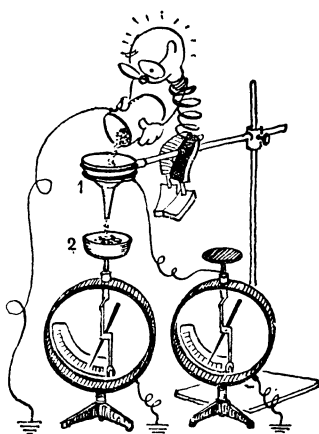


Рис. 170

Вернутся ли стрелки электрометров на нуль, если их стержни соединить разрядником?

О т в е т. При стрывании высыпавшихся песчинок от песка, находящегося в воронке, и песок, и высыпавшиеся песчинки электризуются разноименными зарядами, причем алгебраическая сумма этих зарядов равна нулю. Поэтому при соединении стержней электрометров их стрелки возвратятся на нуль.

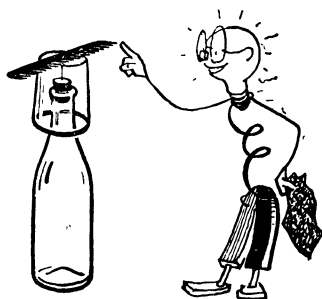


Рис. 171

223. Бутылку заткнуть пробкой, в которую воткнуть иголку острием вверх. На острие надеть перевернутый стакан. Гребенку из пластмассы натереть о шерсть и положить на доньшко стакана (рис. 171). Поднести палец к концу гребенки, которая, поворачиваясь, будет следовать за ним. Объяснить явление.

О т в е т. Вследствие электростатической индукции палец, поднесенный к заряженной гребенке, заряжается разноименным с ней зарядом. Поэтому гребенка притягивается к пальцу. Наведенный же в пальце одноименный заряд уходит в землю.

П р и м е ч а н и е. После опыта для безопасности перевернуть пробку и вставить ее в горлышко иголкой внутрь.

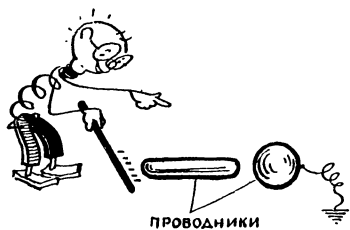


Рис. 172

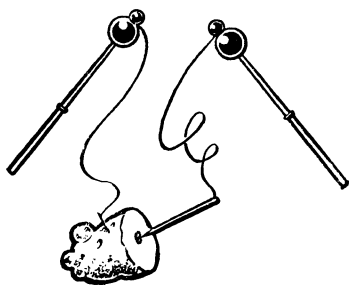


Рис. 173

224. С помощью наэлектризованной стеклянной палочки зарядить электроскоп положительным зарядом. Медленно издали поднести к шару электроскопа отрицательно заряженную эбонитовую палочку. Листочки электроскопа сначала опустятся, а при дальнейшем приближении эбонитовой палочки снова поднимутся. Объяснить явление.

О т в е т. Когда мы приближаем эбонитовую палочку, электроны из верхней части стержня электроскопа поступают в листочки и нейтрализуют положительный заряд листочков, которые вследствие этого опускаются. Но при дальнейшем приближении эбонитовой палочки на листочках накапливаются избыточные электроны, листочки заряжаются отрицательно и снова расходятся.

225. Если коснуться рукой стержня заряженного электрометра, то его стрелка отклонится на еще больший угол. Если же коснуться рукой корпуса электрометра, то он не разрядится. Объяснить явление. Как разрядить электрометр?

О т в е т. Перед опытом электрометр поставить на изолирующую подставку (например, из плексигласа) и зарядить не стержень, а корпус электрометра. На стержне по индукции появятся два равных разноименных заряда. Если прикоснуться к стержню, то заряд, одноименный с зарядом корпуса, уйдет в землю, отчего разность потенциалов между корпусом и стержнем увеличится. Прикосновение к корпусу не отводит его заряд в землю, так как он связан с разноименным зарядом стержня. Чтобы разрядить электрометр, надо соединить его стержень с корпусом.

226*. Указать знак заряда шара (рис. 172).

О т в е т. Шар заряжен положительно.

227. Расположить острие, соединенное с одним из кондукторов электрофорной машины, на расстоянии 3 см от поверхности среза картофельного клубня, который предва-

рительно смочить 2%-ным раствором иодистого калия, и соединить с другим кондуктором (рис. 173). Почему после включения тока на поверхности среза появляется синее пятно?

О т в е т. Образующиеся в электрическом поле около острия аэрионы под влиянием разности потенциалов устремляются к клубню и вызывают разложение иодистого калия. Выделяющийся при этом иод окрашивает картофельный крахмал в синий цвет.

228. В электрическом поле между пластинами раздвижного конденсатора, присоединенного к полюсам действующей электрофорной машины, поместить «колесо Франклина» (рис. 174). Оно начнет вращаться. Объяснить явление.

О т в е т. Острия колеса заряжаются через влияние, и воздух около них ионизируется. Колесо начинает вращаться вследствие отталкивания от одноименно заряженных ионов.

229. *Электрический маятник.* Между двумя вертикально установленными металлическими пластинками, из которых одна изолирована и соединена проволокой с кондуктором электрофорной машины, подвесить на шелковой нити маленький пробочный шарик (рис. 175). При вращении дисков машины шарик колеблется между пластинками. Объяснить явление.

О т в е т. Коснувшись пластинки, соединенной с электрофорной машиной, маятник заряжается одноименным с ней зарядом и отталкивается от нее. Далее он касается другой пластинки и, отдав ей свой заряд, разряжается. Поэтому он снова притягивается первой пластиной и т. д.

230. К шарикам кондукторов электрофорной машины привязать две тонкие стеклянные трубки (рис. 176), которые образуют горизонтальные «рельсы». Положить на них

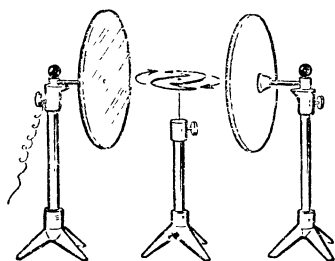


Рис. 174

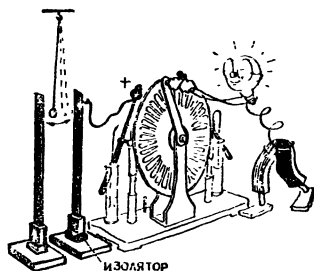


Рис. 175

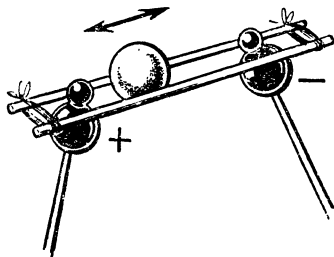


Рис. 173

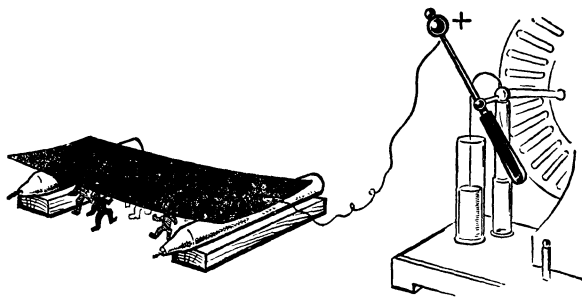


Рис. 177

легкий целлулоидный шарик от настольного тенниса, покрытый проводящей бронзовой краской. Медленно вращать диски электрофорной машины. Шарик будет перекачиваться взад и вперед между кондукторами. Объяснить явление.

О т в е т. См. ответ к задаче 229.

231. *Электрическая «пляска».* На две парафиновые свечи, лежащие на столе, положить кусок жести размером 400×200 мм и соединить его с кондуктором электрофорной машины. Между крышкой стола и жестью положить пять вырезанных из бумаги человечков. При вращении дисков машины человечки начинают прыгать (рис. 177). Объяснить явление.

О т в е т. См. ответ к задаче 229.

232. На парафиновую пластинку поставить кольцо из жести ($d = 3$ см, $h = 5$ см), на которое подвесить загнутым кончиком бумажный листочек. Кольцо наэлектризовать, проводя по нему заряженной эбонитовой палочкой. При этом листочек отклонится от кольца (рис. 178). Поднести к кольцу заряженную эбонитовую палочку сначала со стороны листочка, затем с противоположной стороны. В первом случае угол отклонения листочка уменьшится, во втором — увеличится. Объяснить явление.



Рис. 178

О т в е т. При поднесении палочки к листочку он отталкивается

от нее и приближается к кольцу, так как листочек заряжен одноименно с палочкой. Если поднести палочку с другой стороны кольца, то часть его зарядов перейдет на листочек, поэтому силы отталкивания между листочком и кольцом увеличатся и листочек отойдет дальше от кольца.

233. Если к заряженному кольцу (см. предыдущую задачу) поднести на расстоянии 10 см зажженную спичку, то листочек опустится. Объяснить явление.

О т в е т. Пламя ионизирует воздух. Ионы, несущие заряд, разноименный по отношению к заряду кольца, притянутся к нему и нейтрализуют его.

234. Обернуть кусочками бумаги шарики полюсов электрофорной машины, обвязав бумажки проволокой в том месте, где шарики соединяются со стержнем. Далее зажечь свечу и подождать, когда ее пламя будет коптить.

Раздвинуть полюсы машины так, чтобы между ними не проскакивала искра. Вращая диски машины, поднести свечу поочередно к обоим ее полюсам.

Копотью покроется только отрицательный полюс машины. (Знак заряда на полюсе можно проверить электроскопом.) Объяснить явление.

О т в е т. Частицы углерода в пламени, образующие сажу, заряжены положительно.

235. Как с помощью пламени свечи определить знак заряда пластин раздвижного конденсатора, соединенных с полюсами действующей электрофорной машины?

О т в е т. Надо поместить зажженную свечу между пластинами. Пламя свечи отклонится в сторону отрицательно заряженной пластины (см. ответ к задаче 234).

236. К кондукторам электрофорной машины (рис. 179) присоединить два шарообразных изолированных проводника *A* и *B*, расположенных на расстоянии 20 см друг от друга. Между ними поместить на изолирующей подставке парафиновую палочку *C* длиной 10—12 см и толщиной 1 см с закругленными концами. Между проводником *B* и палочкой *C*, ближе к последней, подвесить на шелковой нити

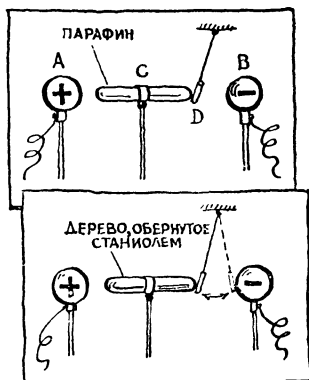


Рис. 179

короткую бумажную гильзу D длиной 1 см. При работе машины гильза D притянется к палочке и останется неподвижной. Повторить опыт, заменив палочку C такой же, обернутой станиолем деревянной палочкой. При работе машины гильза D будет колебаться между палочкой C и проводником B . Объяснить явление.

Ответ. Заряды, индуцированные на парафиновой палочке, не свободные, а вызваны ориентацией диполей. Поэтому они не переходят на гильзу. Если палочка C сделана из проводника, то обмен зарядами между палочкой C и гильзой D будет происходить беспрепятственно и гильза D станет электрическим маятником (см. ответ к задаче 229).

237. Два проводника заряжены положительно: первый — до потенциала 100 В, а второй — до потенциала 50 В. Будут ли заряды переходить с первого проводника на второй, если привести проводники в соприкосновение?

Ответ. Не обязательно. Сближая проводники, мы изменяем их потенциалы, в результате чего потенциал второго проводника может стать больше, чем был вначале. Пусть, например, первый проводник представляет собой полый шар с отверстием, а второй — небольшой шарик, который вводят внутрь полого шара и касаются его внутренней поверхности. Тогда заряды будут переходить со второго проводника на первый.

238. Металлическое тело с поверхностью неодинаковой кривизны (рис. 180) соединить проводником с кондуктором электрофорной машины. Равномерно вращать ее диски на протяжении всего опыта. Небольшую неоновую лампочку, цоколь которой заземлен, перемещать по линии, указанной на рисунке пунктиром, на расстоянии 1—2 см от поверхности проводника. Около выступающих участков проводника лампочка будет светиться ярче, чем около

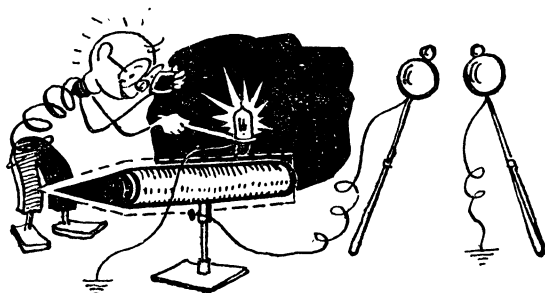


Рис. 180

остальных. Если перемещать лампочку, касаясь нижним контактом на ее цоколе поверхности проводника, то в любой точке, в том числе и у острия, свечение будет одинаковым. Объяснить явление.

О т в е т. 1. У выступающих участков проводника поверхностная плотность зарядов, а следовательно, напряженность электрического поля и ионизация воздуха будут больше, чем у других участков. В точках с большей ионизацией больше электропроводность воздуха и сила тока, текущего через лампу.

2. Поверхность проводника является эквипотенциальной, поэтому при соприкосновении с любой ее точкой нижнего контакта лампочки напряжение на ее полюсах, а следовательно, и сила текущего через нее тока не изменяются.

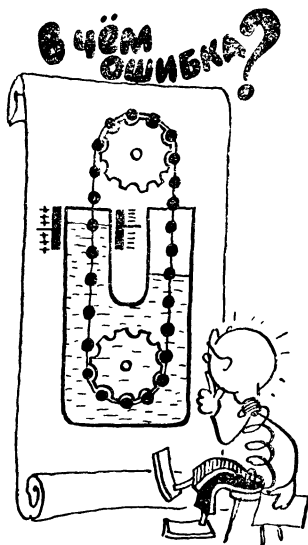


Рис. 181

239*. *Проект вечного двигателя.* В сообщающиеся сосуды налит керосин (рис. 181). Одно колено сосуда помещают в сильное электростатическое поле между обкладками конденсатора, за счет чего уровень керосина в этом колене выше, чем в другом. Через два блока перекинута цепочка из шариков, плотность материала которых меньше плотности керосина. Так как в левом колене больше шариков погружено в керосин, то цепочка, по мысли изобретателя, должна непрерывно вращаться. Почему же в действительности она не вращается?



Рис. 182

О т в е т. На каждый элемент объема керосина в левом колене, кроме силы тяжести, направленной вниз, действуют электростатические силы, направленные вверх. В результате действия электростатических сил гидростатическое давление в левом колене будет ослаблено и суммарная подъемная сила, действующая на шарики в левом колене, несмотря на то, что шариков здесь больше, будет такой же, как и в правом колене.

240. Наклеить на эбонитовую пластинку две полоски фольги, между которыми оставить промежуток в 4—5 мм. В этом промежутке насыпать кучку ликоподия (рис. 182).

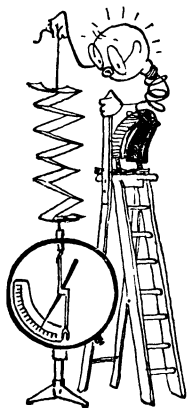


Рис. 183

(рис. 183). Угол отклонения стрелки электрометра уменьшится. Отпуская нить, снова сложить полоску. Угол отклонения стрелки примет прежнее значение. Объяснить явление.

Ответ. Уменьшение угла отклонения стрелки электрометра свидетельствует об уменьшении его потенциала, но заряд его, очевидно, не меняется. Следовательно, при растяжении полоски (как показывает формула $C = \frac{q}{V}$) емкость прибора возрастает, а при ее складывании — уменьшается.

242*. Имеют ли электростатические явления какое-нибудь практическое значение, ведь силы взаимодействия наэлектризованных тел очень малы?

Ответ. 1. При изготовлении тканей в текстильной промышленности волокна заряжаются, отталкиваются друг от друга, прилипают к металлическим частям машины, путаются, вследствие этого усаживаются обрывы.

2. При обработке тканей на отделочных и сушильных машинах заряды создают электрические поля напряжением в несколько тысяч вольт. Проскакивающие искры могут служить причиной пожара. Для устранения зарядов увлажняют воздух.

3. В типографиях при работе ротационных машин бумага электризуется, что приводит к ее свертыванию и браку при печатании.

4. При перевозке горючих жидкостей в автоцистернах жидкости взбалтываются и электризуются. Чтобы избежать возникновения искр и пожара, к корпусу автомашины прикрепляют цепь, которая при движении волочится по земле и отводит заряды в землю.

ПОСТОЯННЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК

243*. Какие ошибки допущены при составлении электрической цепи, схема которой изображена на рисунке 184.

Ответ. 1. Амперметр включен параллельно, а вольтметр — последовательно с электролампой, а надо наоборот.

2. При последовательном соединении элементов в батарею положительный полюс одного элемента надо соединить с отрицательным полюсом другого.

3. Провода от батареи и лампы присоединены только к одной клемме ключа.

244*. Имеются два одинаковых аккумулятора (рис. 185, *a* — *г*). Каким способом соединены аккумуляторы и что покажут вольтметры при замыкании ключа? ЭДС одного аккумулятора равна E .

Ответ. 1. На схемах 185, *a* и *г* аккумуляторы соединены последовательно. Вольтметр покажет напряжение, равное $2E$.

2. На схеме 185, *б* аккумуляторы соединены параллельно. Напряжение на вольтметре E .

3. На схеме 185, *в* аккумуляторы включены навстречу друг другу. Стрелка вольтметра останется на нуле.

245. Каково показание стрелки амперметра, включенного в электрическую цепь (рис. 186)? Напряжение между точками *a* и *b* равно 1 В.

Ответ. Сопротивления R_1 , R_2 и R_3 включены в цепь параллельно, поэтому сопротивление цепи равно 1 Ом, а сила тока равна 1 А.

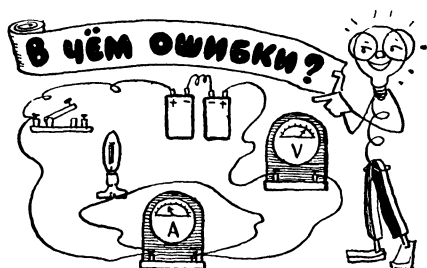


Рис. 184

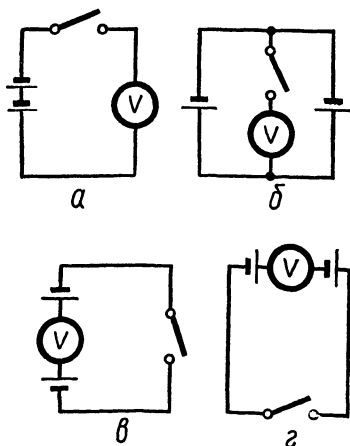


Рис. 185

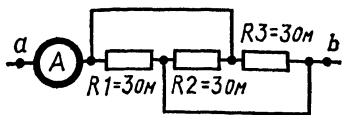


Рис. 186

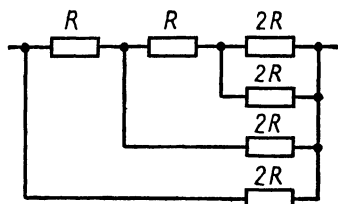


Рис. 187

246. Вычислить сопротивление контура, изображенного на рисунке 187.

Ответ. R .

247*. Через проволочный куб течет ток (рис. 188, а). Каждое ребро куба имеет сопротивление R . Найти полное сопротивление куба.

О т в е т. Так как все три ребра куба GA , GA_1 и GA_2 совершенно эквивалентны, точки A , A_1 , A_2 имеют одинаковый потенциал. Поэтому, мысленно деформируя куб, можно совместить эти точки друг с другом. На том же основании соединяем точки B , B_1 , B_2 . Получится фигура, изображенная на рисунке 188, б. Теперь легко вычислить полное сопротивление куба:

$$R_1 = \frac{1}{3} R + \frac{1}{6} R + \frac{1}{3} R = \frac{5}{6} R.$$

248*. Определить полное сопротивление проволочной фигуры в виде квадрата с диагоналями, включенной в цепь так, как показано на рисунке 189, а.

О т в е т. Совмещаем лежащие на оси симметрии O_1O_2 точки O_1 , O , O_2 (см. задачу 247). Тогда рассматриваемая комбинация сопротивлений разобьется на два последовательно соединенных участка, один из которых показан на рисунке 189, б. Искомое сопротивление равно:

$$R_1 = \frac{4}{15} R \times 2 = \frac{8}{15} R.$$

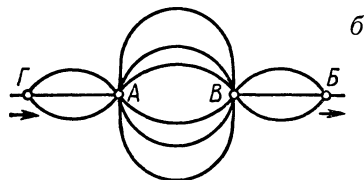
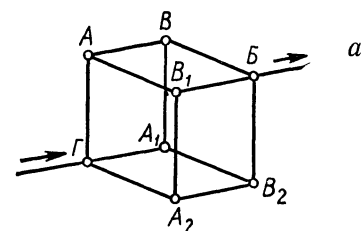


Рис. 188

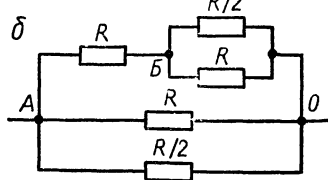
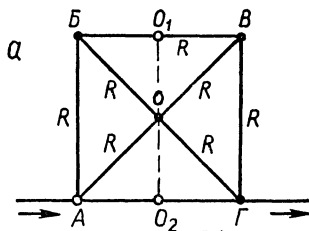


Рис. 189

249*. Две спирали сопротивлением 1 и 2 Ом и прямоугольную металлическую пластинку сопротивлением 1 Ом включили в электрическую цепь (рис. 190, а). Затем пластинку разрезали вдоль на две одинаковые части и снова включили в цепь (рис. 190, б). Изменилось ли полное сопротивление цепи? Ответ подтвердить расчетом.

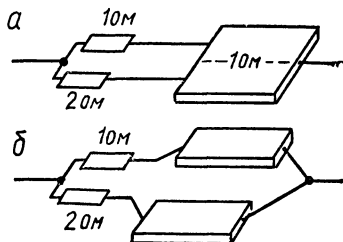


Рис. 190

Ответ. Изменилось. В первом случае полное сопротивление цепи равно: $1\frac{2}{3}$ Ом, во втором $1\frac{5}{7}$ Ом.

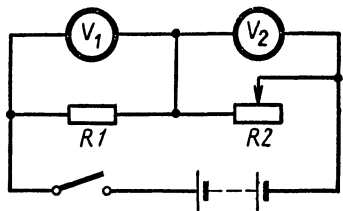


Рис. 191

250. Собрать цепь по схеме, изображенной на рисунке 191, R_1 и R_2 — штепсельные реостаты. Обратить внимание на показания вольтметров. После этого шкалы обоих вольтметров закрыть экраном и увеличить сопротивление R_2 . Изменились или нет при этом показания вольтметров, и если изменились, то как?

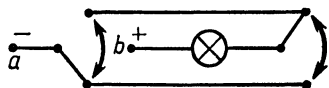


Рис. 192

После ответа экран убрать и наблюдать за показаниями вольтметров.

Ответ. По закону Ома сила тока в цепи при последовательном соединении проводников с сопротивлениями R_1 и R_2 равна

$$I = \frac{E}{R_1 + R_2 + r},$$

где E — ЭДС источника тока; r — его внутреннее сопротивление. Очевидно, при увеличении R_2 уменьшается I . Следовательно, напряжение на участке R_1 , равное $U_1 = IR_1$, тоже уменьшится. Напряжение на участке R_2 , равное

$$U_2 = IR_2 = \frac{ER_2}{R_1 + R_2 + r} = \frac{E}{\frac{R_1}{R_2} + 1 + \frac{r}{R_2}},$$

при увеличении R_2 увеличится.

251*. Объяснить действие электрической цепи, позволяющей с обоих концов длинного коридора включать и выключать электрическую лампу, висющую на его середине

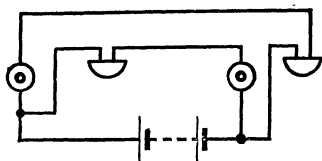


Рис. 193

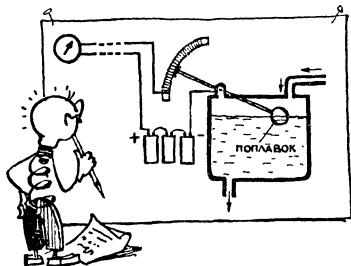


Рис. 194

ком с помощью рычага ползунок скользит по виткам реостата и увеличивает его сопротивление. Ток в цепи становится меньше, и стрелка электронизмерительного прибора отклоняется влево, указывая по шкале объем жидкости в резервуаре.

ТЕПЛОВОЕ ДЕЙСТВИЕ ТОКА

254. Три одинаковые электролампы включить в электрическую цепь так, как это показано на рисунке 195. Одинаков ли будет их накал, если замкнуть цепь?

Ответ проверить опытом.

О т в е т. При замыкании ключа сопротивление участка ab электрической цепи уменьшится, а сила тока в цепи увеличится. Следовательно, накал лампы 1 усилится. С другой стороны, уменьшение сопротивления участка ab уменьшит напряжение на его концах, поэтому накал лампы 2 ослабится. Накал лампы 3 будет такой же, как у лампы 2.

255. Две электрические лампы мощностью 25 и 200 Вт включить последовательно в электрическую цепь. Какая из ламп будет гореть ярче при замыкании цепи?

Ответ проверить опытом.

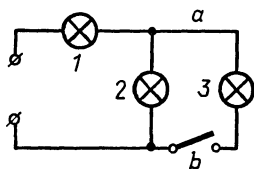


Рис. 195

О т в е т. Формула мощности электролампы $P = \frac{U^2}{R}$ показывает, что более мощная лампа имеет меньшее сопротивление. При после-

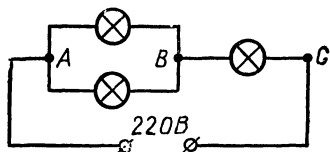


Рис. 196

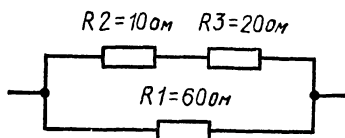


Рис. 197

довательном включении таких ламп в сеть сила протекающего через них тока будет одинакова, а напряжение будет меньше у более мощной лампы. Поэтому менее мощная лампа будет гореть ярче.

256. Три электрические лампы мощностью 50, 50 и 100 Вт, рассчитанные на напряжение 110 В, нужно включить в сеть с напряжением 220 В так, чтобы они горели с нормальным накалом. По какой схеме это можно сделать?

О т в е т. Лампы мощностью по 50 Вт включить на участке *AB*, а лампу мощностью 100 Вт — на участке *BC* (рис. 196). При этом сопротивления участков *AB* и *BC* будут равны и, следовательно, на каждом из них падение напряжения будет 110 В.

257. Как изменится теплоотдача электроплитки, если укоротить ее спираль?

О т в е т. Если, укоротив спираль, уменьшить ее сопротивление, например, в два раза, то сила тока (по закону Ома для участка цепи) увеличится в два раза (напряжение на электроплитке постоянное). Как показывает формула Джоуля — Ленца $Q = I^2 R \Delta t$, теплоотдача спирали увеличится при этом в два раза, так как множитель I^2 увеличится в четыре раза, а множитель R уменьшится в два раза.

258*. В каком из трех сопротивлений (рис. 197) при протекании тока выделится большее количество теплоты?

О т в е т. Очевидно, если через сопротивление R_1 проходит ток силой I , через сопротивления R_2 и R_3 течет ток $2I$. Следовательно, количество теплоты, выделяющееся в 1 с в сопротивлениях R_1 , R_2 и R_3 , при протекании тока будет равно соответственно:

$$Q_1 = 60I^2,$$

$$Q_2 = 10 (2I)^2 = 40I^2,$$

$$Q_3 = 20 (2I)^2 = 80I^2.$$

Следовательно, $Q_3 > Q_1 > Q_2$.

259*. Как устроить автоматический сигнализатор, который: 1) осветил бы панель с пробками (рис. 198) при перегорании

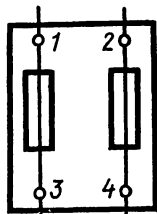


Рис. 198

одной или двух пробок; 2) указал бы, какая пробка перегорела; 3) дал бы возможность выяснить, существует ли еще в цепи короткое замыкание или оно было кратковременным?

О т в е т. Надо присоединить к клеммам 1—3 и 2—4 параллельно пробкам сигнальные лампы. При коротком замыкании одна или две пробки перегорают, и тогда загораются соответствующие сигнальные лампы, так как благодаря короткому замыканию цепь остается замкнутой и весь ток идет через них.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В ЖИДКОСТЯХ И ГАЗАХ

260*. Ток силой 1 А проходит через электролит, причем ежесекундно положительные ионы переносят к катоду положительный заряд величиной 0,5 К, отрицательные — к аноду отрицательный заряд 0,5 К. Какому заряду соответствует количество веществ, выделившихся в 1 с на электродах?

О т в е т. Количество выделившихся веществ соответствует 1 К на катоде и 1 К на аноде, так как за 1 с к катоду не только подходят положительные ионы с зарядом 0,5 К, но от него уходят отрицательные ионы с зарядом 0,5 К и, следовательно, у катода освобождается еще 0,5 К положительных ионов.

261. Взять две цинковые прямоугольные пластинки размерами $60 \times 30 \times 0,5$ мм и сделать из них две коробочки *a* высотой 7 мм. К середине дна каждой коробочки припаять концы медной проволоки диаметром 1 мм и длиной 150 мм, а к середине самой проволоки — железный стержень *b* длиной 20 мм и сечением 1 мм (рис. 199). Другой конец припаять к колпачку угольного электрода *c* от использованной батарейки, который предварительно укоротить до 25 мм. Изготовленный электрод осторожно опустить на поверхность слабого водного раствора серной кислоты с примесью двухромовокислого калия, налитого в стеклянную ванночку. Под середину ванночки положить полусовой магнит, а над ней — другой полусовой магнит разноименным с первым магнитом полюсом. Электрод будет вращаться. Объяснить явление.

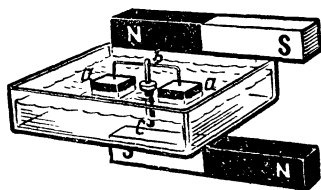


Рис. 199

О т в е т. Прибор представляет собой замкнутый плавающий элемент. Циркулирующий в нем электрический ток идет в разные стороны от железного стержня по двум горизонтально рас-

положенным участкам медного провода. Пользуясь правилом левой руки, можно показать, что на эти участки, находящиеся в магнитном поле, действуют две силы, направленные в разные стороны, которые и заставляют элемент вращаться.

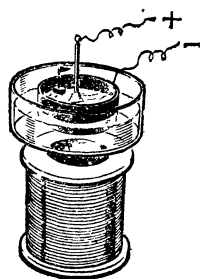


Рис. 200

262. В кристаллизатор налить раствор медного купороса и опустить в него металлическое кольцо, а в центре укрепить металлический стержень (рис. 200). Кристаллизатор поставить на полюс сильного электромагнита (можно использовать катушку на 110 В универсального трансформатора). Через обмотку электромагнита пропустить электрический ток напряжением 6—8 В. Стержень и кольцо включить в цепь источника постоянного тока напряжением 6—8 В. При замыкании цепи раствор начнет вращаться, что будет видно по плавающей в нем пробке. Объяснить явление.

Ответ. При радиальном движении ионов, образующих ток в вертикальном магнитном поле, на них будут действовать горизонтально направленные силы, перпендикулярные к радиусам сосуда, при этом ионы, увлекая жидкость, приведут ее во вращение.

263. Катушку от школьного разборного трансформатора на 220 В, надетую на железный сердечник, установить вертикально. Над катушкой на деревянных штативах укрепить два горизонтально расположенных угольных стержня, которые включить в сеть через водяной реостат. Между стержнями зажечь электрическую дугу (рис. 201). При пропускании тока через катушку дуга гаснет. Объяснить явление.

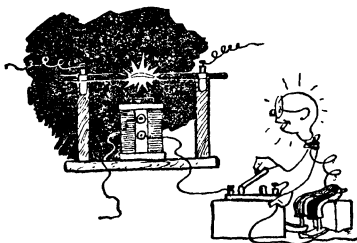


Рис. 201

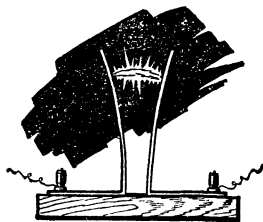


Рис. 202

Ответ. Магнитное поле катушки отклоняет в сторону движущиеся в пламени дуги заряженные частицы и гасит ее.

264. Бегущий дуговой разряд. Из проволоки толщиной 2—3 мм изготовить электроды в виде рогов длиной 12 см каждый (рис. 202). В нижней части расстояние между электродами равно 2 см, а в верхней части — 4—5 см. Клеммы электродов присоединить к полюсам вторичной обмотки высоковольтного индуктора. При разряде катушки в узком месте рогового разрядника возникнет небольшая дуга, которая будет скользить вверх и там погаснет, затем возникнет вторая дуга и т. д. Объяснить явление.

Примечание. С высоковольтным индуктором надо обращаться очень осторожно.

Отв е т. Движение искры вдоль роговидного разрядника объясняется действием магнитного поля подводящих проводов (рогов) на ток искры. Применяя правило левой руки, можно убедиться, что искра при любом направлении тока движется к раствору рогов.

265. Стекло́нная трубка 1, в которую вставлены два электрода из алюминиевой проволоки, соединена с колбой 2 и пробиркой 3 (рис. 203). Вскипятить воду в колбе и, приведя в действие индукционную катушку 4, непрерывно пропускать искровой разряд между электродами. В пробирку 3, вытесняя из нее воду, будет поступать газ. После получения достаточного количества газа в пробирке 3 зажать пробирку пальцем, вынуть ее из воды и зажечь газ спичкой. Газ воспламенится, это явление будет сопровождаться характерным звуком. Объяснить явление. Какой практический вывод можно сделать из опыта?

Отв е т. 1. Поступающие в трубку 1 водяные пары под влиянием высокой температуры искрового разряда диссоциируют на водород и кислород, образуя гремучий газ, поступающий в пробирку 3.

2. Из опыта можно сделать вывод, что тушить пожар небольшим количеством воды нельзя. Это может вызвать даже усиление пожара, так как вода от сильного пламени будет диссоциировать.

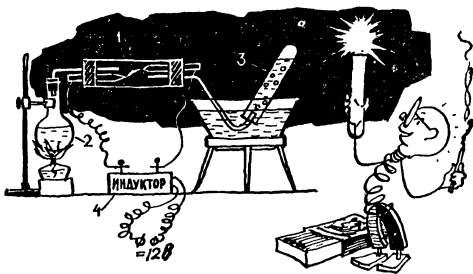


Рис. 203

266. Продемонстрировать прибор, состоящий из стекла, на котором наклеены полоски фольги. Подключить прибор к полюсам электрофорной машины. Вращать диски машины. На стекле обозначится светящийся контур цветка. Объяснить появление этого контура.

Ответ. Светящийся контур возникает из-за искровых разрядов в разрывах между полосками фольги.

Примечание. Для изготовления прибора надо нарезать фольгу узенькими полосками шириной 1—2 мм, наклеить их параллельно на стекло с промежутками 1 см, а затем соединить их концы так, чтобы получилась непрерывная зигзагообразная линия (рис. 204). На стекле острым мелом нарисовать какой-либо рисунок (например, цветок) и прорезать все полоски острым ножом по меловым линиям. Провода от электрофорной машины присоединить к точкам *a* и *b* с помощью зажимов (можно использовать прищепки для белья).

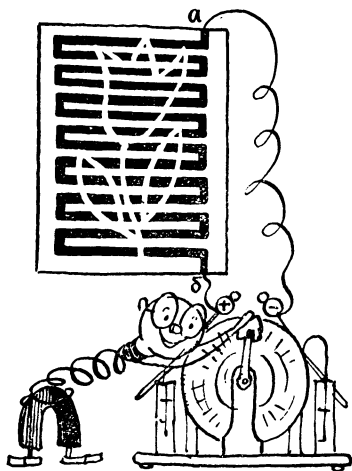


Рис. 204

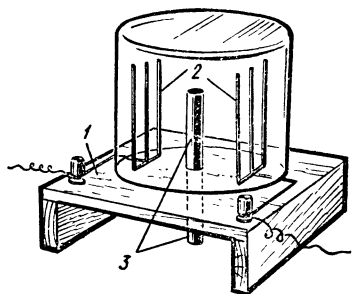


Рис. 205

267. Изготовить прибор (рис. 205), состоящий из квадратной дощечки 1, в которой укреплены две группы проводочек 2, а посередине между ними находится железная трубочка 3. Проводочки 2 присоединить к высоковольтному индуктору и накрыть химическим стаканом. В железную трубочку 3 вставить кусочек киноленты и поджечь снизу. Стакан наполнится дымом. После включения индуктора дым исчезнет. (Во время опыта надо следить, чтобы между электродами не проскакивали искры.) Объяснить явление. Можно ли использовать это явление в практике?

Ответ. Электрическое поле между электродами ионизирует воздух. Ионы, осаждаясь на частицы дыма, заряжают их. Заряженные частицы дыма притягиваются к электродам и оседают на них. Это явление можно использовать, например, для очистки от частичек дыма продуктов сгорания, выходящих в атмосферу из фабричных труб.

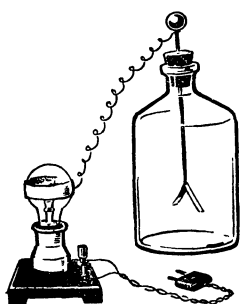


Рис. 206

268. Баллон пустотной лампы обернуть фольгой, к которой присоединить конец тонкой проволоки, второй конец соединить со стержнем электроскопа (рис. 206).

Зарядить электроскоп с помощью стеклянной палочки положительно. Включить лампу в сеть, после чего листочки электроскопа опустятся. Затем электроскоп зарядить с помощью эбонитовой палочки отрицательно. При включении лампы листочки электроскопа не опадут. Объяснить явление.

О т в е т. Раскаленная нить электролампы излучает поток электронов, которые осаждаются на внутренней поверхности баллона. При этом фольга заряжается по индукции, а наведенный положительный заряд образует вместе с электронами на поверхности баллона двойной электрический слой. Наведенные отрицательные заряды поступают в электроскоп и разряжают его.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В ПОЛУПРОВОДНИКАХ

269. Показать электрическую цепь (рис. 207), в которую последовательно включены: кусок антрацита, зажатый между двумя латунными пластинками, электролампа с отпиленным баллоном, гальванометр, реостат и аккумулятор. Подобрать напряжение питания так, чтобы стрелка гальванометра отклонялась на 3—4 деления. Нагреть пламенем спиртовки сначала вольфрамовую нить лампы, затем антрацит. В первом случае отклонение стрелки гальванометра уменьшится, во втором — увеличится. Объяснить явление.

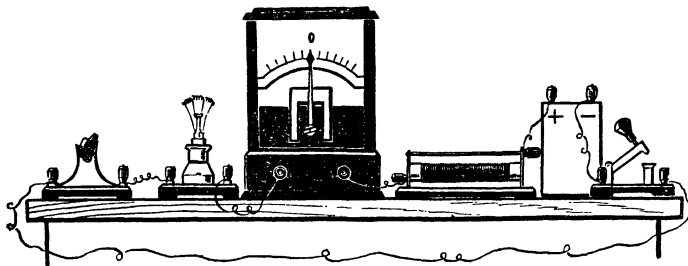


Рис. 207

О т в е т. Сопротивление проводников (вольфрамовая нить) при нагревании возрастает, а полупроводников (антрацит) уменьшается. Вместо антрацита можно взять халькопирит, магнитный железняк или карборунд.

270. Продемонстрировать прибор, представляющий собой широкогорлую колбу, закрытую резиновой пробкой (рис. 208). В верхней части колбы находится спираль сопротивлением 2—3 Ом, в нижней — достаточно чувствительное термосопротивление.

Спираль присоединена к батарее аккумуляторов на 6 В, а термосопротивление (термистор) через гальванометр и реостат — к батарее элементов или аккумуляторов напряжением 3—4 В.

При замыкании ключа стрелка гальванометра отклоняется на 1—2 деления. Перевернуть колбу вверх дном — угол отклонения стрелки гальванометра увеличивается. Объяснить явление.

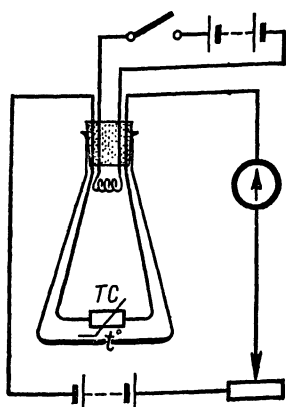


Рис. 208

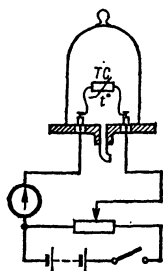


Рис. 209

О т в е т. Электрический ток нагревает спираль; теплота через воздух передается термистору, вследствие этого его сопротивление уменьшается, а ток в цепи гальванометра увеличивается.

При переворачивании колбы термистор попадает в область более высокой температуры, так как наиболее горячий воздух всегда находится вверху колбы. Поэтому термистор нагревается еще больше и угол отклонения стрелки гальванометра увеличивается.

271. Продемонстрировать установку, изображенную на рисунке 209, представляющую собой воздушный колокол, под которым укреплен термистор.

Полюсы термистора присоединить с помощью потенциометра к источнику тока напряжением 3—4 В. При замыкании ключа стрелка гальванометра отклоняется. Из-под колокола насосом Комовского откачать воздух — угол отклонения стрелки гальванометра уменьшается. Впустить под колокол воздух — угол отклонения стрелки увеличивается. Объяснить явление.

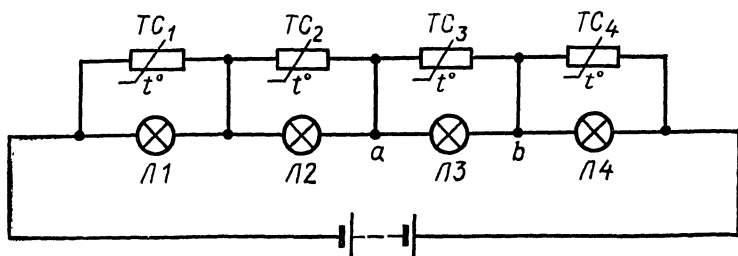


Рис. 210

Отв е т. При разрежении воздуха он охлаждается, вследствие чего температура термистора понижается, его сопротивление увеличивается и сила тока в цепи гальванометра уменьшается.

Уплотнение воздуха нагревает его. При этом температура термистора повышается, его сопротивление уменьшается, а сила тока в цепи гальванометра увеличивается.

272*. В электротехнике встречается много схем, в которых лампы накаливания включают последовательно, например в сигнализации. В таких цепях при перегорании одной из ламп не горят и все остальные.

Чтобы при неисправности одной лампы остальные продолжали гореть, параллельно им включают термосопротивления (рис. 210). Объяснить действие этой схемы.

Отв е т. Если одна лампа, например Л3, перегорит, то сопротивление всей цепи увеличится, ток уменьшится и накал всех ламп уменьшится. Сопротивление участка *ab* увеличится, поэтому напряжение на этом участке тоже увеличится. Через термосопротивление ТС₃ пойдет большой ток, оно начнет нагреваться, электропроводность его постепенно увеличится, ток в цепи достигнет своего прежнего значения и накал ламп восстановится.

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

273*. Опыт А. А. Эйхенвальда. В опыте приводили в быстрое вращение эбонитовый диск, на котором наклеена станиолевая полоска, заряженная отрицательно (рис. 211). При этом подвешенная над диском магнитная стрелка отклонялась.

1. О чем свидетельствует опыт А. А. Эйхенвальда?
2. В какую сторону отклоняется магнитная стрелка, если диск вращается по часовой стрелке?

Отв е т. 1. Опыт показывает, что около движущегося заряженного тела (как и около проводника с током) существует магнитное поле.

2. Вращающаяся по часовой стрелке заряженная отрицательно полоска эквивалентна круговому току проводимости, текущему против часовой стрелки. Поэтому создаваемое полоской магнитное поле в месте нахождения магнитной стрелки направлено перпендикулярно плоскости чертежа, от читателя. Следовательно, северный конец магнитной стрелки повернется от читателя.

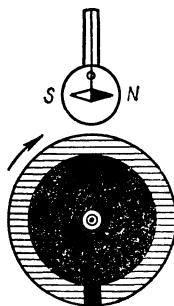


Рис. 211

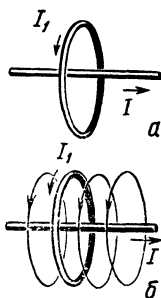


Рис. 212

274*. Прямолинейный проводник с током I расположен на оси кругового тока I_1 (рис. 212, а). Найти силу взаимодействия этих двух токов.

О т в е т. Сила взаимодействия равна нулю, так как направление кругового тока совпадает с направлением магнитных силовых линий прямолинейного тока (рис. 212, б).

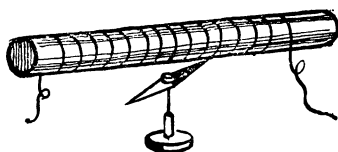


Рис. 213

275*. Как известно, два параллельных проводника с током одинакового направления притягиваются. Почему же два параллельных пучка катодных лучей одинакового направления отталкиваются, ведь катодные лучи тоже являются током?

О т в е т. Катодные лучи обладают объемным отрицательным зарядом, поэтому между ними действуют электрические силы отталкивания, а их магнитное взаимодействие мало. Наоборот, между проводниками с током действуют, главным образом, магнитные силы, а их объемный заряд равен нулю, так как, кроме электронов, в них есть такое же число положительных ионов.

276. Над стрелкой компаса расположить прямой однослойный соленоид так, чтобы его ось составляла с осью стрелки угол около 20° (рис. 213). Длина соленоида должна быть в 4—5 раз больше длины стрелки. Повернется ли стрелка и в какую сторону, если через соленоид пропустить электрический ток? (Сила тока должна быть 2—3 А.) Ответ проверить опытом.

О т в е т. Силовые линии магнитного поля круговых токов, обтекающих витки длинного соленоида, идут вдоль его оси. Поле сосредоточено главным образом внутри соленоида, а вне его, в месте расположения магнитной стрелки, очень слабое и не оказывает на нее почти никакого действия. Электрический ток не только обходит витки соле-

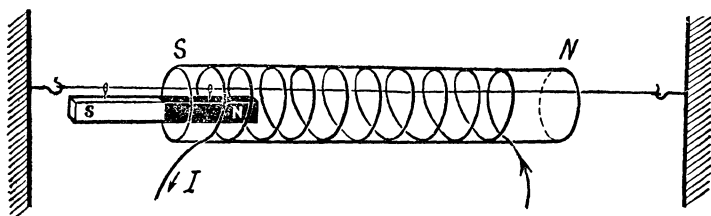


Рис. 214

ноида, но и перемещается вдоль соленоида. Эта продольная (относительно оси соленоида) составляющая тока создает вне соленоида магнитное поле, силовые линии которого перпендикулярны оси соленоида. Поэтому магнитная стрелка установится почти перпендикулярно его оси.

277. Внутри соленоида, обтекаемого постоянным током силой 2—3 А, ввести часть полосового магнита, который может свободно скользить по проволоке, протянутой внутри соленоида. Взаимное расположение полюсов магнита и соленоида показано на рисунке 214. В каком направлении будет двигаться магнит из положения, указанного на рисунке?

О т в е т. Магнитное поле соленоида неоднородно, величина магнитной индукции внутри соленоида больше, чем вне его. В таком поле на магнитный диполь (в данном случае им является постоянный магнит) действует сила, стремящаяся передвинуть его в область поля с большей индукцией. Поэтому магнит втянется внутрь соленоида.

ДВИЖЕНИЕ ПРОВОДНИКА С ТОКОМ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

278. Между двумя подставками подвесить полоску фольги в виде свободно свисающей петли (рис. 215).

Пропустить через нее кратковременный постоянный ток силой 1—2 А. Металлическая лента отклоняется. При включении тока обратного направления она отклоняется в противоположную сторону. Объяснить явление.

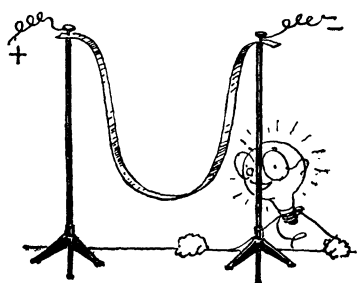


Рис. 215

О т в е т. Сила, вызывающая отклонение ленты, обусловлена наличием магнитного поля Земли.

279. Один конец железной проволоки длиной 50 см привязать к стойке, а другой —

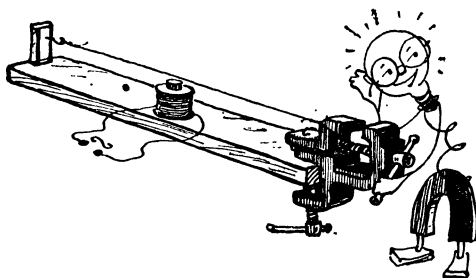


Рис. 216

к губке тисков (рис. 216). Под серединой проволоки поместить электромагнит, питаемый переменным током. Вращая рукоятку тисков, постепенно увеличивать натяжение проволоки. В некоторый момент проволока начинает сильно вибрировать. Объяснить явление.

О т в е т. Магнит периодически притягивает проволоку. Интенсивная вибрация объясняется резонансом, который возникает при условии, когда собственная частота колебаний проволоки будет равна частоте переменного тока.

280. «Пляска» алюминиевой ленты. Ленту из алюминиевой фольги положить на стол под четырьмя подковообразными магнитами (рис. 217) и включить в цепь постоянного тока через переключатель. Быстро переключать направление тока. Лента придет в движение, периодически изменяя свою форму так, как это указано на рисунках 217, а и б. Объяснить явление. В каком направлении идет ток в моменты, соответствующие рисункам 217, а и б?

О т в е т. Как и всякий проводник с током, лента в магнитном поле движется. Направление этого движения зависит от направления магнитного поля. По правилу левой руки находим, что ток в обоих случаях идет слева направо.

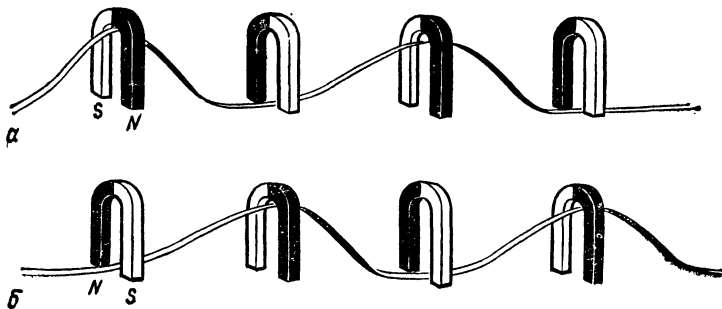


Рис. 217

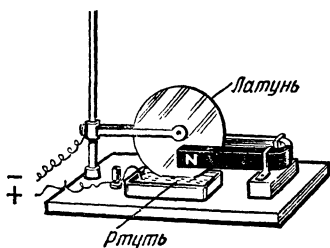


Рис. 218

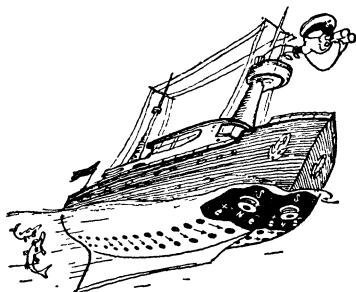


Рис. 219

281*. «Диск Барлоу» представляет собой диск из латуни, который может свободно поворачиваться на подшипниках, находясь в межполюсном пространстве постоянного магнита. Нижняя часть диска погружена в желоб, наполненный ртутью.

Ток от аккумулятора подводится через подшипник по оси к диску и затем направляется по диску и через ртуть обратно.

Если замкнуть цепь, то диск будет вращаться. Объяснить опыт. В какую сторону будет вращаться диск, если ток течет в направлении, показанном на рисунке 218? Ответ проверить опытом.

О т в е т. Электроны, текущие по радиусу диска от оси к ртути, представляют собой электрический ток, на который магнитное поле действует с некоторой силой. Применяя правило левой руки, можно установить, что диск будет вращаться по часовой стрелке.

282*. В рассказе инженера Ю. Моралевича «Грудный экзамен»¹ выдвигается идея электромагнитного двигателя для корабля, у которого нет ни винтов, ни руля.

В днище корабля вровень с его поверхностью заделаны ряды круглых контактов. К одному ряду подключен положительный полюс источника напряжения, к другому ряду — отрицательный полюс, благодаря чему по морской воде от одного ряда к другому идет постоянный ток, т. е. между ними получается как бы множество коротких проводников с током (рис. 219).

Внутри корпуса судна, в его двойном дне, установлены между рядами контактов ряды электромагнитов, в магнитном поле которых эти водяные проводники приходят в движение: поток воды отбрасывается назад, а корабль

¹ «Техника — молодежи», 1960, № 3.

движется вперед. Верна ли идея такого корабля с научной точки зрения? Как заставить корабль повернуться, ведь руля у него нет? Целесообразно ли с практической точки зрения устройство такого корабля?

О т в е т. 1. В принципе идея подобного корабля верна, так как морская вода является проводником электричества. Содержащаяся в морской воде соль диссоциирована на противоположно заряженные ионы хлора и натрия, которые движутся в электрическом поле между рядами контактов в противоположных направлениях, и потому магнитное поле отклоняет их в одну сторону от носа к корме.

2. Чтобы корабль повернулся, надо переменить направление тока в обмотках электромагнитов или между рядами контактов с одной стороны корабля.

3. Сила, с которой магнитное поле действует на движущиеся ионы, пропорциональна скорости их движения, которая в десятки тысяч раз меньше, чем скорость движения электронов в металлах. Поэтому для приведения корабля в движение понадобились бы столь мощные источники тока и магнитные поля, что получение их было бы слишком сложным и дорогим и поэтому совершенно неоправданным в практическом отношении.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ

283. *Парадокс высоковольтного генератора.* Подключить к телефонному индуктору лампу накаливания на 127 В мощностью 15 Вт (рис. 220). Лампа светится. Повторить опыт с лампочкой от карманного фонаря; лампочка не загорается. Показать, что от батарейки с напряжением на 3,5 В она горит полным накалом. Объяснить явление.

О т в е т. Напряжение в замкнутой цепи распределяется пропорционально сопротивлению его отдельных участков. В первом опыте сопротивление лампы больше сопротивления индуктора, и потому напряжение на ней было достаточно для ее свечения. Во втором случае сопротивление лампочки от карманного фонаря во много раз меньше сопротивления индуктора, поэтому напряжение на ней оказывается меньшим, чем необходимо для ее свечения.

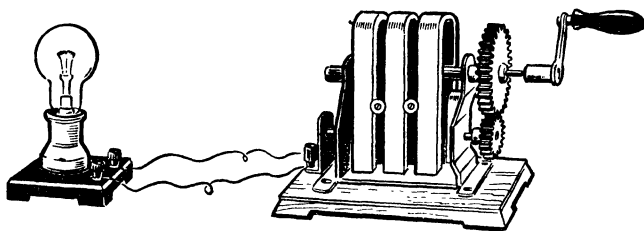


Рис. 220

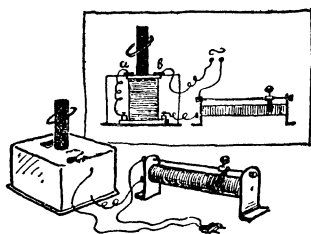


Рис. 221

284. *Подскакивающее кольцо.* В небольшой картонной коробке поместить катушку Томсона так, чтобы был виден только выходящий наружу ее железный сердечник (рис. 221). Около сердечника на крышке коробки укрепить две изолированные друг от друга медные пластинки. Пластинку *a* соединить проволокой с одной из клемм обмотки катушки. Другую клемму и пластинку *b* соединить с источником переменного напряжения на 220 или 127 В. Если на сердечник надеть медное кольцо, то оно будет периодически подсакивать. Объяснить опыт.

О т в е т. Кольцо, ложась на пластинки *a* и *b*, замыкает цепь обмотки катушки. Магнитное поле индукционного тока, возникающего в кольце, отталкивает его от катушки. При подсакивании кольца цепь размыкается. Силы отталкивания исчезают, и кольцо падает.

285. Возникает ли индукционный ток в прямоугольном и в форме трапеции контурах (рис. 222) при их поступательном перемещении в однородном магнитном поле?

О т в е т. При поступательном движении любого контура в однородном магнитном поле число силовых линий, пронизывающих контур, не изменяется, поэтому индукционный ток в нем не возникает.

286. Вращающийся в постоянном магнитном поле латунный диск (рис. 223), связан посредством скользящих контактов *A* и *O* с неподвижным проводником *ABCO*. Будет ли индуцирован ток в этом проводнике? Если да, то как он направлен?

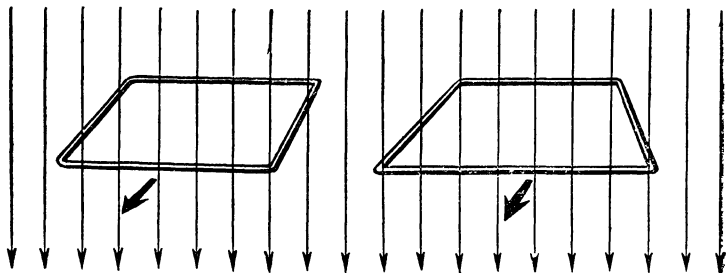


Рис. 222

Отв е т. Подвижный участок диска AO пересекает силовые линии магнитного поля. Поэтому в нем наводится ЭДС и в контуре $ABCO$ возникает индукционный ток. При равномерном вращении диска этот ток будет постоянным, без пульсаций. Получить сильный ток таким способом невозможно, поэтому в технике он не используется. По правилу правой руки определяем, что ток идет в диске от O к A .

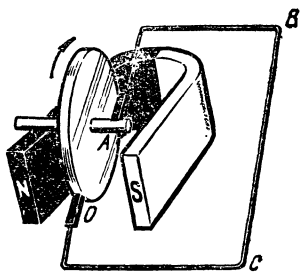


Рис. 223



Рис. 224

287*. Мимо полюса полосового магнита с постоянной скоростью движется медное кольцо, плоскость которого перпендикулярна к оси магнита. Будет ли в этом кольце индуцироваться электрический ток?

Отв е т. Магнитное поле постоянного магнита неоднородно. Поэтому число силовых линий магнитного поля, пронизывающих контур кольца, при его движении с постоянной скоростью мимо полюса будет изменяться, вследствие этого возникает индукционный ток.

288. Подковообразный магнит укрепить на центробежной машине и между его полюсами свободно подвесить медное кольцо (рис. 224). При вращении магнита кольцо начинает вращаться в ту же сторону. Опыт повторить с точно таким же, но разрезанным кольцом, которое не будет вращаться. Объяснить явление.

Отв е т. При вращении магнита поток силовых линий магнитного поля, пронизывающих кольцо, изменяется, поэтому в кольце возникает индукционный ток. Магнитное поле этого тока и магнита взаимодействуют между собой по правилу Ленца, вследствие чего кольцо увлекается магнитом.

В разрезанном кольце при вращении магнита тока не возникает.

289. Составить электрическую цепь из последовательных: источника тока, подковообразного электромагнита, реостата со скользящим контактом, лампы карманного фонаря и выключателя.

Установить реостатом такую силу тока, чтобы лампа горела в полнакала. Если последовательно замыкать и размыкать железный якорь электромагнита, то накал лампы в первом случае уменьшается, а во втором — увеличивается. Объяснить явление.

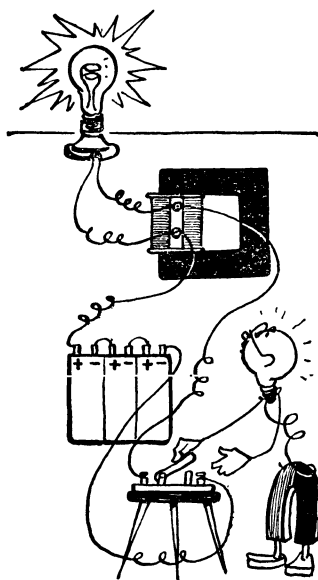


Рис. 225

О т в е т. При размыкании ключа в катушке возникает ток самоиндукции, напряжение которого настолько велико, что он зажигает неоновую лампу.

291. Собрать цепь по схеме, изображенной на рисунке 226 (L — катушка от школьного трансформатора на 220 В, надетая на сердечник, B — батарея элементов на 6 В, M — лампа карманного фонаря, N — неоновая лампа). При замыкании цепи ключом звонит звонок и горит неоновая лампа; лампа накаливания не горит. Если отключить звонок, то лампа накаливания горит, а неоновая не горит. Объяснить явление.

О т в е т. При замыкании прерывателя звонка в катушке возникает ЭДС самоиндукции, направленная против ЭДС источника тока, затем прерыватель размыкает цепь и нить лампы не успевает накалиться.

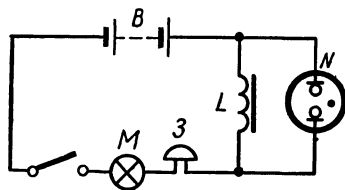


Рис. 226

Ток самоиндукции поступает в неоновую лампу в течение обоих полупериодов (и имеет более высокое напряжение, чем напряжение источника тока), поэтому она горит. Если отключить звонок, то в цепи будет циркулировать постоянный ток, напряжение которого достаточно, чтобы горела лампа накаливания, но недостаточно, чтобы горела неоновая лампа.

292. *Противоэлектродвижущая сила электродвигателя.*
В цепь небольшого электродвигателя последовательно с ним включить электрическую лампу мощностью примерно равной мощности электродвигателя. В момент включения двигателя в цепь лампа загорается, а затем быстро гаснет. Объяснить явление.

О т в е т. Вращение якоря электродвигателя вызывает в якоре ток самоиндукции, направленный против тока, питающего двигатель. Поэтому лампа горит только в начальный момент, когда якорь еще только начал вращаться и ток самоиндукции мал.

293. Концы проволочной катушки соединить с клеммами демонстрационного гальванометра. Предложить участникам викторины с помощью правила Ленца определить направление тока, возникающего в контуре при введении в катушку северного полюса полосового магнита. Предварительно при помощи элемента установить, в какую сторону отклоняется стрелка гальванометра в зависимости от направления тока.

На катушке надо бумажной стрелкой показать направление намотки витков, чтобы можно было определить направление тока в обмотке.

Ответ проверить опытом.

Одному из участников викторины дать завернутый в бумагу полосовой магнит. Предложить определить с помощью приборов, описанных выше, вносимый в катушку полюс магнита. Правильность ответа проверить, сняв с магнита бумагу.

294. Над катушкой Томсона подвесить на трех тонких резинках другую катушку примерно из 500 витков, замкнутую накоротко. Соединить катушку Томсона с источником переменного тока соответствующего напряжения. Подвешенная катушка оттолкнется. Замкнуть ее концы на конденсатор емкостью 10—20 мкФ. Повторить опыт — она притянется. Объяснить явление.

О т в е т. В первом случае в подвешенной катушке возникает ток противоположного, а во втором случае того же направления, что и в катушке Томсона.

295. Из квадратных (20 × 20 мм) тонких листочков красной меди изготовить кубик. Для этого между медными листочками проложить такие же бумажные, пропитанные шеллаковым лаком, полученную стопку сильно сжать тисками и просушить в теплом месте. Кубик снабдить двумя

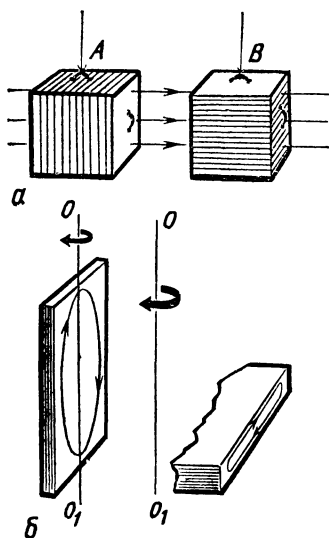


Рис. 227

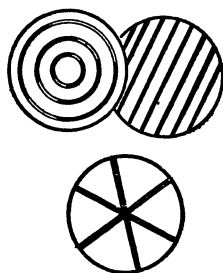


Рис. 228

ушками так, чтобы при подвешивании за одно ушко *A* листочки располагались в вертикальной плоскости, а за другое *B* — в горизонтальной (рис. 227, *a*). Подвесить кубик на нитке за ушко *A* между полюсами электромагнита, закрутить нитку и отпустить. Повторить опыт, подвесив кубик за ушко *B*. В первом случае наблюдается тормозящее действие, а во втором нить свободно раскручивается. Объяснить явление.

Ответ. При вращении кубика медные пластинки пересекают силовые линии магнитного поля, благодаря чему в них возникают вихревые токи Фуко, тормозящие это вращение. В первом случае при каждом обороте кубика изменение магнитного потока, пронизывающего перпендикулярное этому потоку сечение листочка (рис. 227, *b*), составляет гораздо большую величину, чем во втором. Поэтому и вихревые токи, а следовательно, и тормозящие силы гораздо больше в первом случае, чем во втором.

ПЕРЕМЕННЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК

296. Из универсального трансформатора собрать электромагнит, для чего обмотки катушек на 120 и 220 В соединить парал-

лельно и включить в цепь переменного тока напряжением 120 В.

Снабдить электромагнит полюсными наконечниками. В пространство между полюсами магнита вносить по очереди покрытые воском и разрезанные на части диски (рис. 228) (детали дисков сделаны из металлической пластинки и наклеены клеем БФ-2 на кружки плотной бумаги). Быстрое плавление воска наблюдается только на диске, состоящем из концентрических колец. Объяснить явление.

О т в е т. Индукционное электрическое поле, возникающее при изменении магнитного поля между полюсами магнита, носит вихревой характер, т. е. его силовые линии представляют собой замкнутые, концентрически расположенные кривые. Поэтому наиболее сильный ток возникает в диске, разрезанном на концентрические кольца.

297. *Нагревание ферромагнетика при циклическом перемагничивании.* Внутри катушки от универсального трансформатора, рассчитанной на напряжение 220 В, ввести одинаковые по форме медный и железный стержни длиной 15—20 см и диаметром 15—20 мм. С помощью воска на стержнях на одинаковой высоте укрепить 2—3 спички (рис. 229).

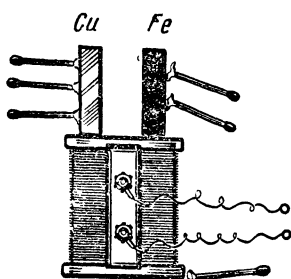


Рис. 229

Включив через реостат переменный ток безопасной для катушки величины, можно заметить, как через некоторое время спички на железном стержне отпадут, а на медном останутся в покое. Объяснить явление.

О т в е т. Учащиеся обычно неправильно пытаются объяснить опыт токами Фуко. Медный стержень токами Фуко должен нагреваться сильнее, чем железный, так как при одинаковых размерах стержней в них индуцируются поля с одинаковыми ЭДС, но сопротивление меди примерно в семь раз меньше железа. Поэтому сила тока и, следовательно, количество выделяемого тепла должны быть больше в медном стержне, чем в железном.

Главная же причина нагревания ферромагнитного стержня — его перемагничивание, связанное с поворотами элементарных магнитных диполей и в связи с этим с усилением теплового движения.

Работа, затрачиваемая на повороты диполей, совершается силами, действующими на них со стороны магнитного поля за счет его энергии.

298. В сеть переменного напряжения величиной 220 В включить первичную обмотку школьного трансформатора, рассчитанную на это напряжение. Последовательно с этой обмоткой соединить электролампу на 100 Вт. Во вторичную обмотку (на 12 В) включить параллельно несколько

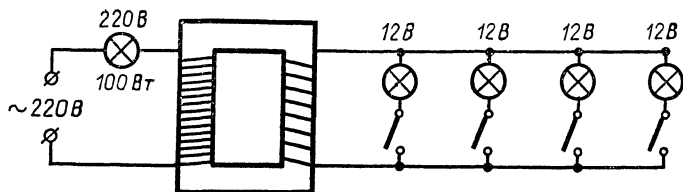


Рис. 230

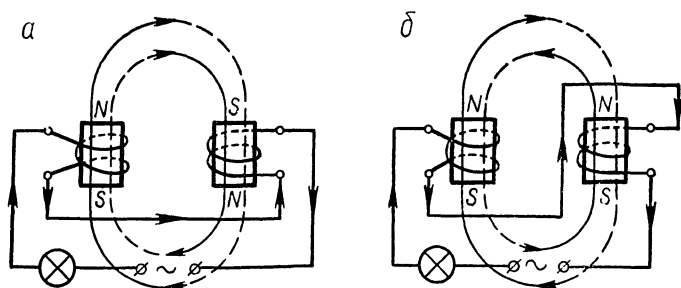


Рис. 231

ламп на 12 В (рис. 230). Пока вторичная обмотка разомкнута, большая лампа не горит. По мере включения малых ламп во вторичную обмотку накал нити большой лампы увеличивается. Объяснить явление.

О т в е т. При разомкнутой вторичной обмотке индуктивность первичной обмотки велика, а ток очень мал, поэтому лампа на 100 Вт не горит.

Включение ламп на 12 В вызывает во вторичной обмотке индукционный ток, магнитное поле которого по закону Ленца уменьшает магнитный поток в сердечнике трансформатора. Это, в свою очередь, уменьшает индуктивность первичной обмотки, поэтому сила текущего через нее тока увеличивается и электролампа на 100 Вт загорается.

299. Две одинаковые катушки на 220 В от школьного трансформатора надеть на сердечник и включить последовательно с лампой мощностью 200 Вт в сеть переменного тока. Лампа гореть не будет. Отключив ток, поменять местами концы проводов, присоединенных к клеммам одной из катушек. Включить ток; лампа загорится. Объяснить явление.

О т в е т. В первом случае магнитные поля обеих катушек складываются (рис. 231, а), во втором — вычитаются (рис. 231, б). Поэтому в

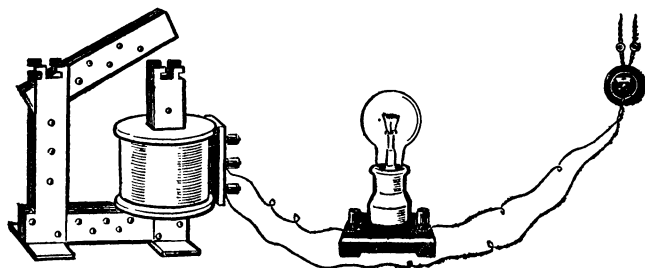


Рис. 232

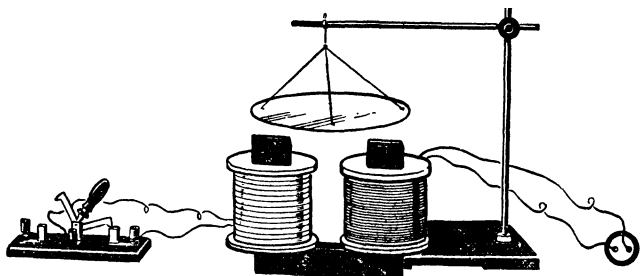


Рис. 233

первом случае индуктивное сопротивление катушек велико, во втором — мало.

Примечание. На рисунке 231 направления тока и магнитных полей показаны в один из полупериодов; сердечник трансформатора на рисунке не показан.

300. Лампу на 200 Вт включить в цепь переменного тока последовательно с катушкой на 220 В из набора к школьному трансформатору, которую надеть на разомкнутый железный сердечник (рис. 232). Замкнуть сердечник. Лампа погаснет. Объяснить явление.

О т в е т. Замыкание сердечника значительно увеличивает индуктивное сопротивление катушки, поэтому лампа гаснет.

301. Однофазный электродвигатель. На железный сердечник от школьного трансформатора надеть две катушки — на 220 и 12 В. Над катушками подвесить на нити алюминиевый диск (рис. 233). Катушку на 220 В включить в сеть переменного тока. Если обмотку другой катушки замкнуть ключом накоротко, то диск начинает быстро вращаться. Объяснить явление.

О т в е т. Переменные электрические токи в катушках сдвинуты по фазе на 180° , следовательно, достигают максимума в разное время. Поэтому в окружающем пространстве возникает бегущее магнитное поле, подобное магнитному полю перемещающегося постоянного магнита.

Бегущее магнитное поле возбуждает в диске вихревые индукционные токи. Взаимодействие магнитного поля этих токов и бегущего магнитного поля приводит диск во вращение.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

302. Взять две катушки, каждая из которых замкнута на низковольтную лампочку. Катушка n_1 состоит из одного витка, катушка n_2 — из нескольких десятков витков.



Рис. 234

Катушку n_1 поднести к первичной катушке действующего трансформатора Тесла, катушку n_2 надеть на сердечник действующего трансформатора Томсона (рис. 234). Обе лампочки будут гореть. Поменять местами катушки. Обе лампочки гореть не будут. Объяснить явление.

О т в е т. В первом случае ЭДС индукции в обеих катушках достаточна для накаливания лампочек, так как:

а) хотя катушка 1 состоит из одного витка, пронизывающий ее магнитный поток трансформатора Тесла изменяется с громадной быстротой;

б) частота изменения магнитного потока, пронизывающего катушку 2, невелика (50 Гц), однако число витков значительно.

Во втором случае лампочки не горят, потому что:

а) ЭДС индукции в катушке 1 мала, так как мало и число ее витков и частота изменения магнитного потока;

б) сила индукционного тока в катушке 2 мала, так как ее ЭДС в поле трансформатора Тесла приблизительно в n раз, а индуктивное сопротивление во много раз больше, чем у катушки 1 (n — число витков катушки).

303*. В непосредственной близости друг от друга расположены электрически заряженный шар (имеет вокруг себя электрическое поле) и постоянный магнит (имеет около себя магнитное поле). Можно ли сказать, что в окружающем пространстве существует электромагнитное поле?

О т в е т. Нет. Электромагнитным полем называется совокупность связанных между собой и изменяющихся полей — электрического и магнитного. В данном случае поля постоянны и не связаны между собой.

304. Составить электрическую цепь из последовательно включенных батареи элементов напряжением 3—4 В, звонка, ключа и металлической цепочки длиной 30—40 см (например, от часов-ходиков). Один конец цепочки жестко

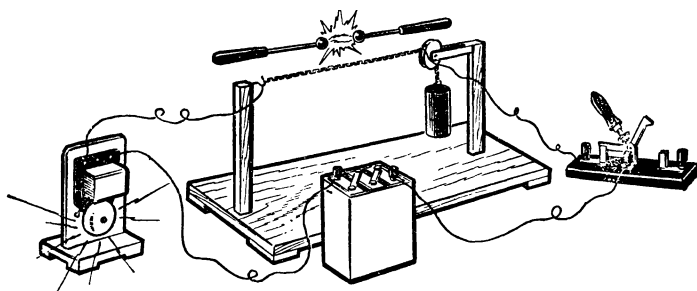


Рис. 235

прикрепить к стойке, а другой — перебросить через блок и нагрузить гирей. Параллельно цепочке на расстоянии нескольких сантиметров от нее установить горизонтально стержни электрофорной машины (рис. 235). При проскакивании искры между стержнями и при замкнутом ключе в цепи звонка последний начинает звонить. Перед повторением опыта разомкнуть ключ, слегка постучать по цепочке и снова замкнуть цепь ключом. Объяснить явление.

О т в е т. Цепочка играет двоякую роль: она одновременно служит приемной антенной электромагнитных волн и когерером (несовершенные контакты оксидированных опилок когерера здесь заменяют звенья цепочки, поверхность которых покрыта естественным слоем окиси).

305. Металлический изолятор. Электrolампу на 3,5 В укрепить на металлической стойке высотой 70 см из изогнутой в виде дуги медной проволоки толщиной около 5 мм (рис. 236, а). Будет ли гореть лампа, если к клеммам *m* и *n* подключить источник напряжения, ведь медная дуга замыкает лампу накоротко?

О т в е т. Если к клеммам подключить источник постоянного напряжения (например, гальваническую батарею), то лампа гореть не будет. Если к клеммам присоединить источник переменного напряжения высокой частоты, так как индуктивное сопротивление медной дуги будет значительно больше сопротивления нити лампы и через нить пойдет большая часть тока. Источником напряжения высокой частоты может служить первичный контур трансформатора Тесла, присоединенный к индуктивной катушке. Проверить ответ на опыте, включив лампу в цепь по схеме рисунка 236, б.

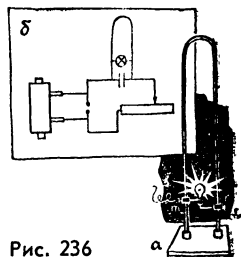


Рис. 236

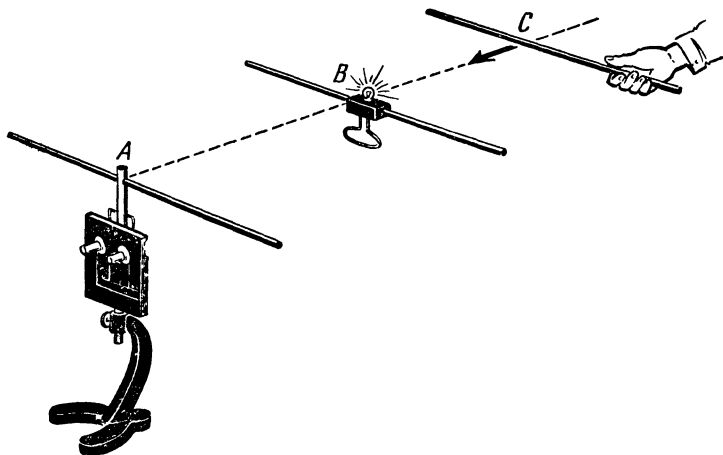


Рис. 237

306. Вторичную катушку действующего трансформатора Тесла накрыть тонкостенным химическим стаканом и приблизить к нему металлический стержень. Разряд происходит так же, как и без стакана, который остается неповрежденным, что можно проверить, наливая в него воду. Объяснить явление.

О т в е т. При работе трансформатора Тесла вокруг его вторичной катушки возникает электрическое поле высокого напряжения, которое ионизирует воздух и вызывает в нем искровой разряд. Электрическое поле возникает и в стекле стакана, однако, чтобы в твердом изоляторе произошел пробой, необходимо гораздо большее напряжение.

307. Встать на столик с изолирующими ножками и взять правой рукой неоновую лампочку за ее цоколь, а в левую руку какой-нибудь металлический предмет. Коснуться металлическим предметом шарика вторичной катушки действующего трансформатора Тесла, а металлический контакт лампочки приложить ко лбу стоящего на полу человека. При этом лампочка загорится. Объяснить явление.

О т в е т. Трансформатор Тесла является источником тока высокой частоты, для которого тело человека представляет небольшое сопротивление. Поэтому этот ток, проходя через неоновую лампочку, заставляет ее светиться.

П р и м е ч а н и е. Опыт можно видоизменить. Первый экспериментатор должен взять правой рукой конец безэлектродной трубки с разреженным газом; другой конец трубки берет рукой второй экспериментатор. Трубка будет светиться.

308. Собрать установку (рис. 237), где A — школьный генератор УВЧ; B — приемный диполь с лампочкой; C — металлический стержень, параллельный диполю B . Привести в действие генератор A и, изменяя длину диполя B , добиться, чтобы лампочка горела. Медленно издали приближать стержень C к диполю B . Лампочка будет периодически вспыхивать и гаснуть. Объяснить явление. Как с помощью этого опыта определить длину электромагнитной волны, излучаемой генератором A ?

О т в е т. Волны, излучаемые генератором A , складываются с волнами, отраженными стержнем C , в результате чего в пространстве возникают стоячие электромагнитные волны. Диполь B попеременно попадает в области пучностей и узлов стоячей волны, так как при движении стержня C они перемещаются. Чтобы найти длину волны λ , надо измерить расстояние l между двумя ближайшими положениями стержня C , которым соответствуют две последующие вспышки лампочки ($\lambda = 2l$).



РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ОТРАЖЕНИЕ СВЕТА

309. С помощью двух маленьких лампочек от карманного фонаря и картонной звезды, насаженной на спицу, получить на экране две тени. Как расположить эти предметы, чтобы при вращении звезды две ее тени вращались в противоположные стороны?

О т в е т. Надо расположить звезду так, чтобы ее плоскость была перпендикулярна плоскости экрана, а лампочки по обе стороны звезды не очень далеко друг от друга (рис. 238).

310. Осветить горящую свечу мощной электрической лампой. На белом экране появится не только тень от свечи, но и тень от пламени. Объяснить, каким образом источник света (пламя) может давать собственную тень.

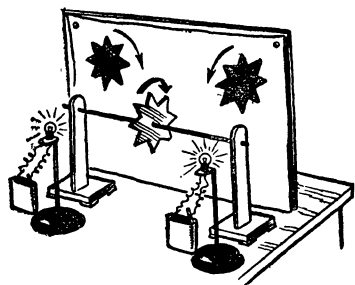


Рис. 238

О т в е т. В пламени свечи имеются непрозрачные раскаленные частицы. Поэтому пламя задерживает свет от лампы, само же испускает гораздо менее интенсивный свет. Таким образом, на экране за пламенем получается участок, освещенный слабее, чем окружающее пространство, т. е. тень.

311. На рисунке 239, а изображен предмет, отражающийся в воде (изображение

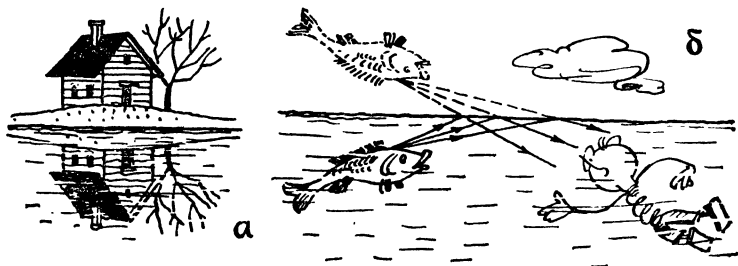


Рис. 239

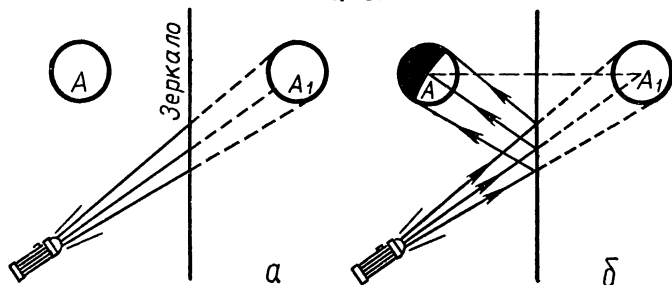


Рис. 240

показано пунктиром). Будет ли помещенный в воде предмет отражаться в воздухе?

О т в е т. Световые лучи, идущие от предмета, помещенного в воде, будут отражаться от границы раздела воздуха и воды и дадут изображение предмета «в воздухе» (рис. 239, б).

312. Можно ли осветить фонарем изображение предмета в зеркале (рис. 240, а), ведь никакого реального предмета A_1 за зеркалом нет?

О т в е т. Свет, идущий от фонаря, отразится зеркалом на предмет A , и его изображение A_1 в зеркале станет также более освещенным (рис. 240, б).

313. Два плоских зеркала образуют прямой двугранный угол (рис. 241). Доказать, что при двойном отражении луча света, лежащего в плоскости, перпендикулярной ребру этого двугранного угла, падающий и отраженный лучи всегда параллельны.

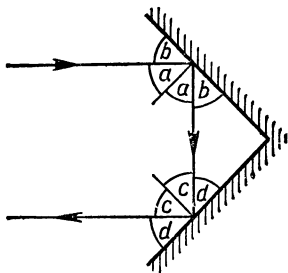


Рис. 241

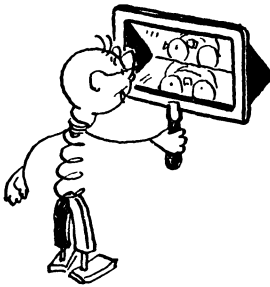


Рис. 242

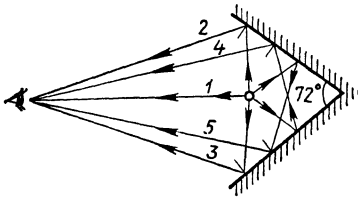


Рис. 243



Рис. 244

Ответ.

$$2a + 2b + 2c + 2d = 360^\circ;$$

$$2a + 2c + 2(b + d) = 360^\circ$$

Но $b + d = 90^\circ$, как острые углы прямоугольного треугольника. Следовательно, $2a + 2c = 180^\circ$, т. е. отраженный и падающий лучи параллельны и идут в противоположном направлении.

Примечание. Таким же замечательным свойством обладают три взаимно перпендикулярных зеркала: падающий луч после поочередного отражения всеми тремя зеркалами возвращается обратно, параллельно первоначальному направлению при любой ориентировке зеркал. Подобное приспособление используется на транспорте. Например, снабженный таким отражателем велосипед отражает лучи автомобильных фар обратно к нагоняющему его автомобилю. Для точного измерения расстояния от Земли до Луны на Луне установлен отражатель луча лазера, состоящий из трехгранных зеркальных ячеек.

314. Показать ручное зеркало, сделанное из двух прямоугольных зеркал, укрепленных в прямоугольной оправе под прямым углом друг к другу (рис. 242). В таком зеркале зрители увидят себя перевернутыми вверх ногами. Повернуть зеркало на 90° . Изображение повернется на 180° . Объяснить явление.

Ответ. Лучи света, отраженные одним зеркалом, попадают сначала на второе зеркало, а потом уже в глаз. Благодаря двойному отражению света верхняя и нижняя части лица как бы меняются местами и переворачиваются.

Если повернуть прибор на 90° , плоскости зеркал станут вертикальными. При этом левая и правая части лица при отражении также «меняются» местами, однако изображение лица будет прямым.

315. Показать два прямоугольных зеркала, укрепленных между двумя треугольными деревянными пластинка-

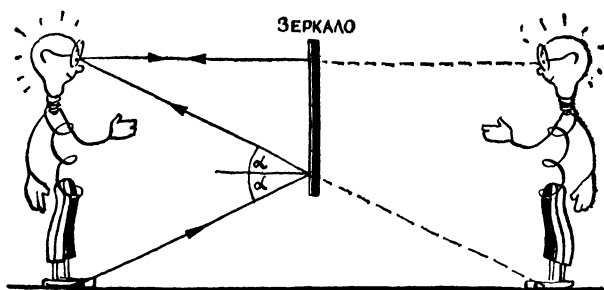


Рис. 245

ми под углом 72° , амальгамой наружу. При вдвигании между зеркалами карандаша или пальца можно видеть, как пять карандашей или пальцев одновременно вдвигаются с разных сторон и наконец сходятся в центре. Объяснить явление.

Отв е т. Если между зеркалами находится предмет, то виден не только он (рис. 243, 1), но и его отражение в двух зеркалах 2, 3. Но так как зеркала обращены друг к другу, то каждое из них посылает к нам изображение предмета, отраженное его соседом 4, 5. В результате, кроме предмета, видны его четыре отражения в разных поворотах.

316. На столе поставить зеркало и положить перед ним лист бумаги. Вызвать одного из участников викторины и предложить ему, глядя на отражение своей руки в зеркале, написать на бумаге крупными печатными буквами свою фамилию (рис. 244). Это обычно не удается. Показать участникам викторины написанное и предложить им объяснить, почему выполнить задание не удалось.

317*. Какой минимальной высоты должно быть зеркало, чтобы можно было увидеть в нем себя во весь рост?

Отв е т. Высота зеркала должна быть не менее половины роста (рис. 245).

318*. Перед плоским зеркалом MN находится светящийся предмет AB (рис. 246, а). Найти область

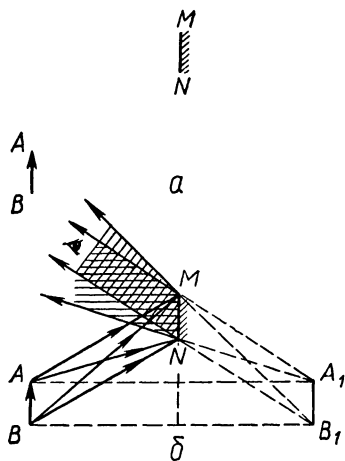


Рис. 246

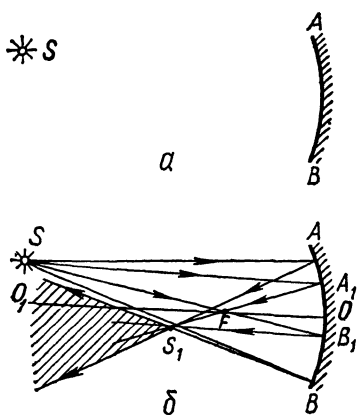


Рис. 247

При нагревании элемента явление.

О т в е т. Нагревательный элемент расположен в фокусе одного зеркала, а свеча — в фокусе другого. На фитиль свечи надет кусочек киноплёнки. Лучи от нагревательного элемента, собранные одним зеркалом, падают на второе зеркало, которое концентрирует их на фитиле свечи. Киноплёнка загорается и зажигает свечу.

320. Построить изображение светящейся точки S в вогнутом зеркале и найти область видения этого изображения (рис. 247, а).

О т в е т. Пользуясь лучом SA_1 , параллельным главной оптической оси, и лучом SB_1 , проходящим через фокус F , находим изображение S_1 (рис. 247, б). В этой же точке пересекутся и другие лучи пучка ASB , в том числе и крайние. Соединяем точки A и B с точкой S_1 . Если глаз наблюдателя будет находиться в заштрихованной области, то он увидит действительное изображение S в точке S_1 .

321. Как известно, с помощью двояковыпуклой линзы можно получить увеличенное изображение предмета. Какие его элементы остаются при этом неувеличенными? Как в этом убедиться?

О т в е т. Углы. Например, если предмет представляет собой правильный шестиугольник, то его увеличенное изображение есть такая же фигура.

322. Если расположенную горизонтально спичку рассматривать через цилиндрический стакан с водой, то ее

пространства, в которой глаз будет видеть изображение всего предмета.

О т в е т. Изображение всего предмета будет видно там, где отраженные зеркалом световые пучки от точек A и B , накладываются друг на друга (рис. 246, б).

319. Физический способ самовозгорания свечи. На расстоянии 1, 5 м поставить друг против друга зеркала. Около одного зеркала поместить нагревательный элемент отражательной электропечи, а около другого — свечу. Свеча загорится. Объяснить

длина кажется больше диаметра стакана, а толщина не изменяется. Если спичка расположена вертикально, при рассматривании через стакан с водой ее длина не меняется, а толщина возрастает (рис. 248, а). Через слой касторового масла, налитого в стакан над слоем воды, вертикально поставленный карандаш кажется толще, чем через слой воды (рис. 248, б). Объяснить эти явления.

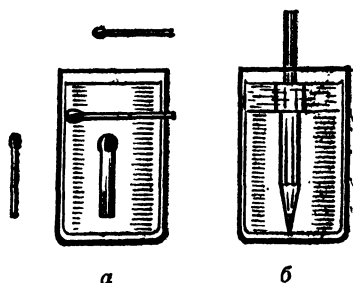


Рис. 248

О т в е т. Стакан с водой представляет собой цилиндрическую линзу. Кривизна ее горизонтального сечения равна $1/R$, где R — радиус стакана, а кривизна вертикального сечения равна нулю. Поэтому в горизонтальном направлении такая линза увеличивает, а в вертикальном — нет. Показатель преломления касторового масла больше, чем у воды. Поэтому верхняя часть стакана увеличивает сильнее, чем нижняя.

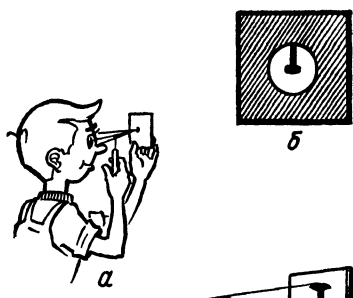


Рис. 249

323. Картонную карту с булавочным отверстием в центре держать примерно в 7 см от правого глаза, зажмурив левый (рис. 249, а). Воткнуть в палочку острый конец булавки и медленно поднимать ее как можно ближе к глазу (чтобы касалась ресниц), пока она не подойдет к нижнему краю отверстия, на которое экспериментатор все время смотрит. Он увидит верхнюю часть булавки, обращенную головкой вниз (рис. 249, б), которая движется сверху вниз, хотя на самом деле булавка перемещается снизу вверх и обращена головкой вверх. Объяснить явление.

О т в е т. Если с помощью точечного источника света получить на близко поставленном экране тень от предмета (например, от гвоздя), и затем между ними поставить собирающую линзу (рис. 249, в), тень лишь немного уменьшится, но останется прямой.

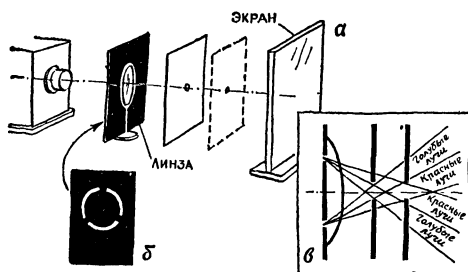


Рис. 250

В данном опыте источником света является отверстие в карте, а хрусталик глаза представляет собой собирающую линзу. Тень от булавоочной головки, находящейся снизу отверстия, попадает на нижнюю часть сетчатки глаза, вследствие чего (по известному свойству глаза «переворачивать» изображение) кажется расположенной вверху.

324. Плоско-выпуклую линзу, обращенную плоскостью к осветителю, установить на расстоянии 20 см от него (рис. 250, а). Перед линзой со стороны осветителя установить плотно прижатую к ней кольцевую диафрагму (рис. 250, б). Внешний диаметр кольца должен быть равен внутреннему диаметру оправы линзы. Ширина просвета кольца 5 мм. Перемещая в световом конусе, выходящем из линзы, диафрагму с небольшим отверстием, получить на экране, отстоящем от линзы на расстоянии 1 м, либо голубое, либо красное изображение кольца. Объяснить явление.

О т в е т. Полученный эффект объясняется хроматической аберрацией линзы. Перемещая диафрагму с круглым отверстием, мы удаляем из пучка цветных лучей либо красные, либо голубые лучи (см. рис. 250, в).

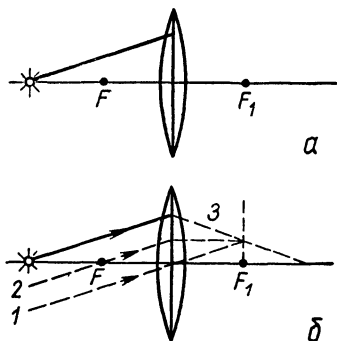


Рис. 251

325*. На собирающую линзу падает луч света. Найти построением ход преломленного луча, если положение главных фокусов известно (рис. 251, а).

О т в е т. См. рисунок 251, б. Цифрами отмечена последовательность построения лучей.

326*. Дано положение оптической оси линзы, точеч-

ного источника света S и его изображения S_1 в линзе (рис. 252, а). Найти построением оптический центр линзы O и ее фокус F_x .



Ответ. См. рисунок 252, б. Цифрами отмечена последовательность построения лучей.

327*. Построить изображение предмета AB в собирающей линзе для случая, когда линза значительно меньше предмета. Положение фокусов линзы известно.

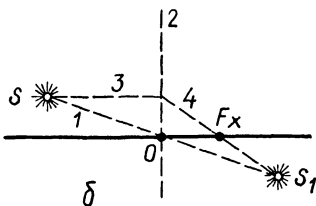


Рис. 252

Ответ. См. рисунок 253.

328. Как изменится изображение диапозитива, полученное на экране с помощью проекционного фонаря, если половину объектива закрыть непрозрачной пластинкой? Ответ проверить опытом.

Ответ. Освещенность всех точек изображения уменьшится. Рисунок 254 показывает, что, хотя нижняя часть объектива закрыта экраном a , верхняя часть его дает полное изображение диапозитива.

329. Где надо поместить глаз, чтобы увидеть действительное изображение предмета, полученное с помощью линзы?

Ответ. Обычно отвечают: «Там, где получается действительное изображение». Ответ неправильный. Глаз только в том случае может увидеть ясно предмет, если последний находится дальше от глаза, чем «ближняя точка глаза». Поэтому глаз следует располагать не ближе 10 см от действительного изображения предмета.

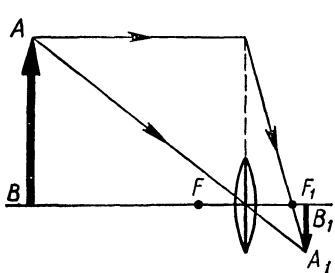


Рис. 253

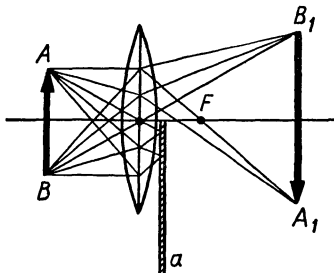


Рис. 254

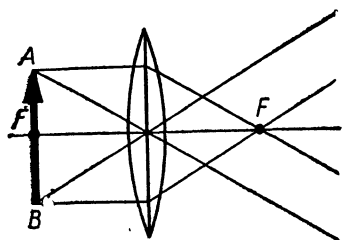


Рис. 255

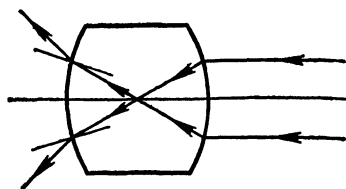


Рис. 256

330. Если предмет расположен в фокальной плоскости собирающей линзы, то изображения предмета, как видно из геометрического построения, не получается.

Увидим ли мы изображение, если будем смотреть через линзу на предмет?

О т в е т. Да. От каждой точки предмета, находящейся в фокальной плоскости линзы, лучи после преломления идут параллельным пучком (рис. 255). Глаз, аккомодированный на бесконечность, собирает каждый такой пучок в одну точку на сетчатке, на которой вследствие этого получается изображение предмета.

331. Может ли находящаяся в воздухе двояковыпуклая стеклянная линза рассеивать падающие на нее параллельные лучи?

О т в е т. Да, если линза имеет достаточную толщину (рис. 256).

332. На рисунке 257, а показан точечный источник света и его действительное изображение S_1 , полученное с помощью выпуклой линзы. Где на оптической оси линзы нужно поместить вогнутое сферическое зеркало радиуса R , чтобы лучи, отразившись от зеркала, снова вернулись в точку S ?

О т в е т. Зеркало можно поместить либо на расстоянии R за изображением источника света, либо в точке S_1 (рис. 257, б). В первом случае лучи будут падать на зеркало перпендикулярно к нему и поэтому, отразившись, вернуться назад в точку S по тому же пути. Во втором случае лучи 1 и 2 поменяются местами, но, выйдя из точки S_1 , соберутся в точке S .

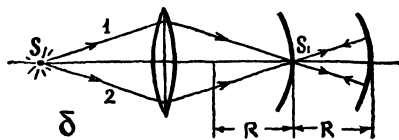
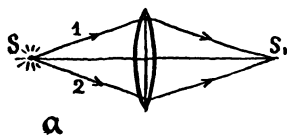


Рис. 257

333. Дан ход луча через рассеивающую линзу (рис. 258, а). Найти построением фокус.

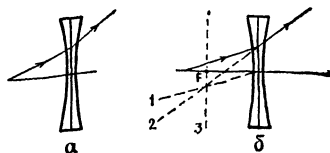


Рис. 258

О т в е т. См. рисунок 258, б. Порядок построения лучей указан цифрами.

334. Параллельный пучок света падает на экран. Можно ли увеличить освещенность экрана, располагая между ним и источником света рассеивающую линзу?

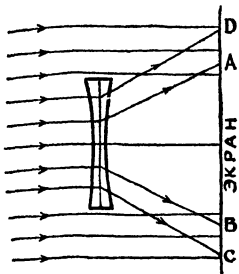


Рис. 259

О т в е т. Да, в кольцевой зоне (рис. 259), ограниченной окружностями с диаметром AB и CD , освещенность на экране создается не только лучами, рассеянными линзой, но и прошедшими мимо нее, что превышает освещенность, которая создается на экране без рассеивающей линзы.

335. Как надо расположить две линзы, из которых одна собирающая, а другая рассеивающая, чтобы пучок параллельных лучей, пройдя через обе линзы, остался параллельным? Какое соотношение должно существовать между фокусами линз, чтобы задача имела решение?

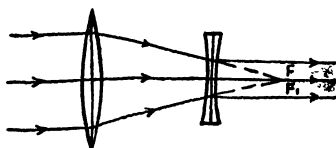


Рис. 260

О т в е т. Линзы надо расположить так, чтобы их главные фокусы совпали (рис. 260). Решение невозможно, если фокусное расстояние собирающей линзы меньше, чем фокусное расстояние рассеивающей линзы.

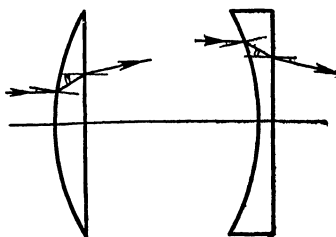


Рис. 261

336*. Может ли плоско-выпуклая линза рассеивать параллельные лучи света, а плоско-вогнутая собирать их? Ответ обосновать чертежом.

О т в е т. Да, если показатель преломления окружающей среды больше, чем у линз. В этом случае угол падения падающего на поверхность линзы луча оказывается меньше, чем угол преломления, поэтому луч при выходе из выпуклой линзы удаляется от главной оптической оси, а по выходе из вогнутой — приближается к главной оптической оси (рис. 261).

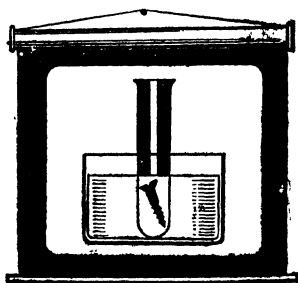


Рис. 262

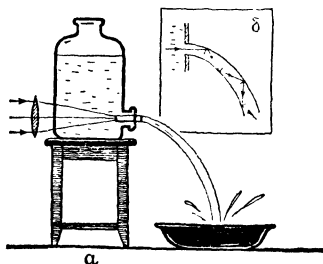


Рис. 263

337. Пробирку с водой, в которую положен шуруп, поместить внутри плоскопараллельной вертикальной кюветки и спроецировать установку на экран.

Пробирка кажется непрозрачной, за исключением узкой светлой полоски вдоль ее оси. Затем в кюветку постепенно налить воды, и на экране неожиданно появится изображение шурупа (рис. 262). Объяснить явление.

О т в е т. Все лучи света, за исключением узкого пучка, проходящего через центральную часть пробирки, при выходе из пробирки на границе стекло — воздух испытывают полное внутреннее отражение и на экран не попадают. Если в кюветку влить воды, то предельный угол на границе стекло — вода увеличится, поэтому лучи будут достигать экрана.

338. Большую стеклянную бутылку с боковым тубусом установить на высоте 40 см над столом. В тубус вставить пробку, сквозь которую пропустить небольшую стеклянную трубку (рис. 263, а). Лучи света от проекционного фонаря собрать с помощью линзы на отверстии тубуса.

Бутылку наполнить водой, и пусть вода вытекает из сливной трубки. Если воду слегка замутить молоком, то вытекающая струя будет светиться. Объяснить явление. Не противоречит ли оно закону прямолинейного распространения света?

О т в е т. Лучи света, поступающие внутрь струи, испытывают полное внутреннее отражение и следуют вдоль струи, которая представляется поэтому светящейся (рис. 263, б). Частицы молока рассеивают свет во все стороны и делают струю видимой в затемненной аудитории.

339. Трехкопеечную монету заранее закоптить. Затем положить ее гербом вверх на дно сосуда с водой.

В таком виде монету показать участникам викторины и предложить определить ее достоинство. Она кажется им серебряной. Затем монету вынуть из воды и вновь показать. Объяснить явление.

О т в е т. Из-за копоти поверхность монеты покрыта слоем воздуха, на границе которого с водой происходит полное внутреннее отражение освещающего монету света.

340. Приведите примеры практического использования полного внутреннего отражения света.

О т в е т. 1. *Волоконная оптика.* Если взять стеклянное волокно не толще 0,05 мм, длиной до 2 м и направить свет на один его конец, то, благодаря полному внутреннему отражению, свет будет распространяться, почти не поглощаясь, вдоль волокна и выйдет с другого его конца, даже если оно сильно перекручено. Несколько тысяч таких волокон, покрытых тонкой пленкой, обладающей другим показателем преломления, тесно связанных в один пучок, образуют гибкий «световод». Его торцы делают плоскими и полируют. Два световода можно закинуть в любое малодоступное место машины или организма. С помощью одного световода освещают нужный объект, посредством другого передают его изображение в фотокамеру или в глаз. Например, опуская световоды в желудок или даже в сердце, медикам удается получить прекрасное изображение интересующей их области организма, несмотря на то, что световоды приходится перекручивать и перегибать самым причудливым образом.

Если волокна световода переплетены так, что расположение их концов на его переднем торце не соответствует расположению на заднем торце, изображение объекта (например, печатного текста) неузнаваемо искажается. Этим пользуются в шифровальном деле. Для расшифровки применяют световод с таким же расположением волокон, но свет от искаженного изображения направляют через задний торец к переднему, где и располагают фотопленку.

2. *Маячные линзы Френеля.* Такая линза состоит из системы стеклянных звеньев, каждое из которых представляет собой свернутую в кольцо трехгранную прямоугольную призму. Все они расположены так, что обеспечивают полное отражение всех пучков, идущих от источника света, и выходящий из системы свет идет мощным параллельным пучком.

НЕОБЫКНОВЕННЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В АТМОСФЕРЕ

341. *Радуга.* Оставить в конденсоре проекционного фонаря одну линзу (вторую линзу и объектив снять) и получить таким образом почти параллельный пучок света. На пути этого пучка поставить колбу с дистиллированной водой, загородив ее от зрителей небольшим экраном (рис. 264, а). Пучок вторичных лучей, идущих в виде конической поверх-

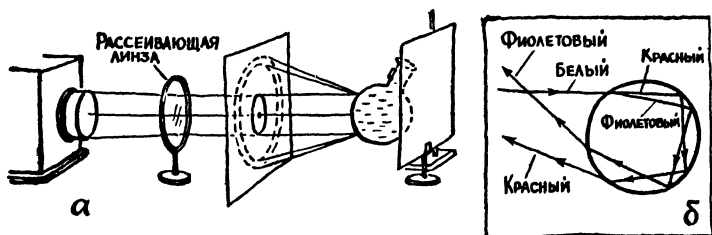


Рис. 264

ности от колбы в сторону фонаря, образует на экране радужное кольцо. Объяснить явление. Начертить ход лучей в колбе.

О т в е т. Пучок лучей, вошедший в воду, претерпевает в колбе полное внутреннее отражение и два преломления. Так как лучи разных цветов преломляются под разными углами, то белый свет разлагается на составные лучи (дисперсия) (см. рис. 264, б).

342. Что вам известно о причинах возникновения следующих световых явлений в атмосфере: горных призраков, нижних и верхних миражей, световых столбов, гало и полярных сияний?

О т в е т. 1. Громадные призрачные человеческие фигуры, окруженные многоцветным кольцом, которые иногда наблюдают альпинисты в горах (рис. 265), казались прежде суеверным людям выходцами из неземного, потустороннего мира. Между тем это тени тех людей, которые находятся на вершине горы. Они возникают в том случае, если с одной стороны от альпинистов находится освещающее их Солнце, а с другой — достаточно густые облака. Тогда на облаках, как на экране, появляются огромные тени. Цветные круги около теней возникают из-за разложения солнечных лучей в мельчайших кристалликах льда и капельках воды, из которых состоит облака.

2. Перевернутое изображение предметов (нижний мираж, рис. 266) появляется обычно в жаркий безветренный день, когда слои воздуха, расположенного ближе к почве, нагреваются больше, чем расположенные выше слои, и поэтому обладают меньшей плотностью. В этом случае идущие от предметов лучи света, попадая из верхних, более плотных слоев в нижние, будут падать на каждый последующий слой все более и более полого. Достигнув, наконец, некоторого слоя, под углом больше предельного, они испытывают полное внутреннее отражение, идут снизу вверх и попадают в глаз наблюдателя. Последний увидит по направлению пунктирной линии (рис. 266) перевернутое изобра-



Рис. 265

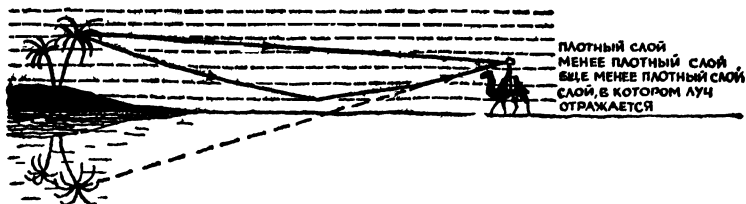


Рис. 266

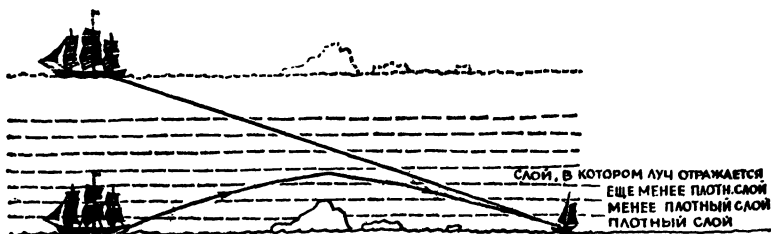


Рис. 267

жение предмета, а также сам предмет, посылающий в глаз прямые лучи света. Голубое небо, расположенное впереди наблюдателя, отражается также словно от зеркала, создавая иллюзию голубоватой водной поверхности.

3. Верхний мираж (рис. 267) чаще наблюдается зимой, когда снежная или ледяная поверхность способствует сильному охлаждению нижних слоев воздуха, а верхние слои, не столь сильно охлаждаемые снегом или льдом, могут оказаться более нагретыми (и менее плотными), чем нижние. Поэтому верхние миражи могут наблюдаться в полярных странах даже в летнее время года: льды охлаждают прилегающие к ним слои воздуха, а незаходящее Солнце нагревает воздух, расположенный над ними. Причина образования верхнего и нижнего миража одна и та же.

4. Светящийся круг (гало) вокруг Солнца или Луны возникает в результате преломления света в шестигранных ледяных кристалликах, образующих полупрозрачную пелену облаков, застилающих светило. Кристаллы рассеивают лучи неравномерно; наибольшей интенсивностью обладают лучи, отклоненные кристаллом на 22° от начального направления (рис. 268). Когда такой луч попадает в глаз наблюдателя, последний видит светило смещенным на 22° от истинного

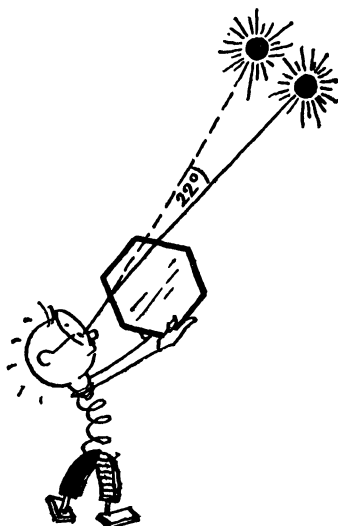


Рис. 268

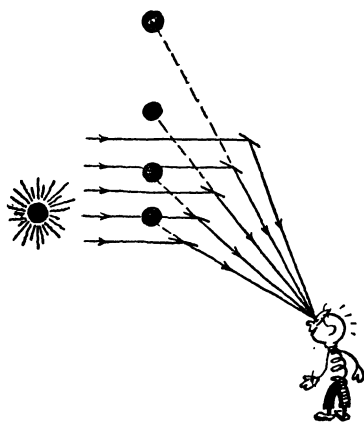


Рис. 269

положения. При непрерывном движении кристаллов облака огромное их число оказывается в благоприятном положении относительно глаза. Поэтому наблюдатель видит около светила круг.

5. Ледяные шестигранные кристаллики плавают иногда в воздухе вертикально. Лучи Солнца, отразившись от боковых граней таких кристаллов, попадают к нам в глаза. Но наши глаза не могут обнаружить искривления световых лучей, поэтому мы видим изображение Солнца не там, где оно находится, а на прямой линии, идущей от глаз. Эти изображения, сливаясь, образуют круг, параллельный горизонту.

6. В атмосфере при определенной температуре и влажности образуется иногда полупрозрачная пелена, состоящая из миллионов ледяных кристаллических пластинок, которые, совершая колебания, медленно опускаются на землю. Многие из этих пластинок занимают такое положение, что солнечный луч, отразившись от них, попадает в глаз наблюдателя (рис. 269). Совокупное действие этих лучей производит на глаз впечатление светового столба, расположенного над Солнцем или под Солнцем.

7. Полярные сияния наблюдаются преимущественно в высоких широтах северного и южного полушарий Земли на высоте от 100 до 300 км и даже выше. Они отличаются чрезвычайным разнообразием форм и переливами цветов и поражают своей красотой. Полярные сияния иногда имеют форму световой разноцветной занавеси или голубой дуги, возвышающейся над горизонтом, или веера, состоящего из световых лучей. В настоящее время доказано, что полярные сияния имеют электрическую природу и представляют собой свечение верхних разреженных слоев атмосферы под влиянием потока быстрых заряженных частиц — электронов и ионов, излучаемых Солнцем. Такие частицы, попадая в магнитное поле Земли, движутся вокруг силовых линий этого поля и устремляются к полюсам. На высоте 90—95 км в сравнительно плотных слоях атмосферы скорость ионов настолько замедляется, что они полностью поглощаются этими слоями.

343*. По наблюдениям космонавтов, на большой высоте дневное небо выглядит совершенно черным и на нем видны звезды. Почему же с поверхности Земли оно кажется нам голубым?

О т в е т. Голубой цвет неба возникает вследствие рассеяния солнечных лучей на молекулах воздуха и мельчайших взвешенных частицах, если их размеры не превышают 0,0001 мм. При этом фиолетовых и синих лучей рассеивается по разным направлениям почти в десять раз больше, чем красных. Поэтому из любой точки небосвода, лежащей в стороне от Солнца, в глаз попадает гораздо больше голубых и сине-

фиолетовых лучей, чем каких-либо других. Совместное действие этих лучей приводит к восприятию голубого цвета. Космонавтам небо кажется черным, так как на большой высоте плотность воздуха очень мала и он почти не рассеивает света. С Земли звезды не видны днем, потому что их свет слишком слаб по сравнению со светом, который рассеивает атмосфера.

ДЕЙСТВИЕ СВЕТА НА ГЛАЗ

344. Предложить каждому участнику викторины расположить карандаш горизонтально, очиненным концом вправо на расстоянии вытянутой руки. Закрыв левый глаз, смотреть правым глазом на левый конец карандаша — очиненный конец исчезает из поля зрения, хотя окружающие предметы различаются довольно хорошо. Объяснить явление.

О т в е т. Очиненный конец карандаша исчезает из поля зрения потому, что его изображение попадает на слепое пятно сетчатки глаза.

345. Соединить перед собой на расстоянии 35—50 см концы указательных пальцев так, чтобы они составляли продолжение один другого, и посмотреть «сквозь пальцы» на удаленную стенку (рис. 270). Наблюдателю будет казаться, что между пальцами зажата маленькая «сарделька», которая, если немного раздвинуть пальцы, повиснет в воздухе. Объяснить явление.

О т в е т. Эта иллюзия объясняется тем, что наблюдатель правым глазом не видит часть стены, ограниченную линиями ABC и KLM , а левым — часть стены, ограниченную линиями AB_1C и KL_1M . В итоге невидимая часть стены имеет вид «сардельки».

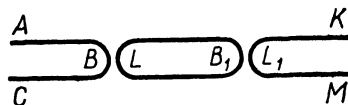


Рис. 270

346. Что больше — высота шляпы или ширина полей (рис. 271)?

О т в е т. Они одинаковы, хотя высота шляпы кажется больше ее полей. Это объясняется тем, что поворот глаз в вертикальной плоскости требует большего мышечного напряжения, чем такой же поворот в горизонтальной плоскости, вследствие чего вертикальные расстояния кажутся нам больше равных им горизонтальных.

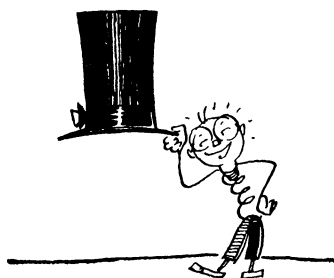


Рис. 271



Рис. 272



Рис. 273

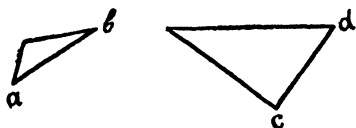


Рис. 274

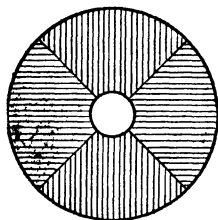


Рис. 275



Рис. 276

347. Одинаковы ли по высоте верхние и нижние части типографских знаков, изображенных на рисунке 272?

О т в е т. Верхние части знаков кажутся равными по высоте нижним, хотя они на самом деле меньше нижних, в чем можно убедиться, перевернув рисунок. (См. также ответ к задаче 346.)

348. Одинаково ли расстояние между вертикальной линией и кругом в левой части рисунка 273 и между двумя кругами в правой части этого рисунка? Проверить ответ с помощью линейки. Объяснить полученный результат.

О т в е т. Первое расстояние кажется меньше второго. Ошибка объясняется психофизиологическими особенностями зрительного восприятия: расстояние между краями черных кружков мы невольно относим к их центру.

349. Равны ли стороны ab и cd у треугольников, изображенных на рисунке 274? Ответ проверить измерением.

О т в е т. Сторона ab кажется меньше, чем сторона cd , хотя они равны между собой. Мы ошибочно считаем, что большая фигура имеет большие части, чем малая, хотя это бывает не всегда.

350. Одинаковой ли (однотонной) кажется штриховка квадрантов круга, изображенного на рисунке 275? Повернуть рисунок на 90° и снова ответить на тот же вопрос. Объяснить явление.

О т в е т. Линии одной пары лежащих друг против друга квадрантов кажутся более черными, чем линии другой пары. Это объясняется астигматизмом, т. е. дефектом глаз, который обусловлен несферической формой роговой оболочки или хрусталика. Поэтому человек видит четко, например, только вертикальные или только горизонтальные линии.

351. *Бинокулярное зрение.* На расстоянии 4—5 м от вызванного к столу участника викторины ребром к нему подвесить небольшое кольцо диаметром 2 см. Он должен, за-

крыв левый глаз ладонью, подойти к кольцу и продеть в него карандаш (рис. 276), что обычно сразу не удается. Объяснить явление.

О т в е т. Если два предмета неодинаково удалены от наблюдателя, то расстояние между их изображениями на сетчатке одного глаза не равно соответствующему расстоянию на сетчатке другого глаза. Это дает возможность человеку оценивать расстояния до предметов.

При зрении одним глазом изображения получаются только на сетчатке одного глаза, поэтому способность человека оценивать расстояния до предметов значительно ухудшается.

352. Диаметр зрачка человеческого глаза может меняться от 2 до 8 мм. Чем объяснить, что максимальная острота зрения имеет место при диаметре 3—4 мм?

О т в е т. При большом диаметре зрачка острота зрения уменьшается из-за большой сферической аберрации глаза. При малом диаметре зрачка сказывается искажение изображения дифракционными явлениями.

353. *Опыт В. Брега.* Красную лампу (применяемую в фотографии) поместить позади ярко освещенного картонного диска диаметром около 50 см. Диск наполовину оклеить белой, наполовину черной бумагой. Из него вырезать сектор в 45° , симметричный относительно черно-белой границы (рис. 277).

Если диск вращать со скоростью 2—3 об/с с помощью центробежной машины в таком направлении, чтобы красная лампа закрывалась сначала белой половиной диска, то зрители увидят зеленую лампу.

Объяснить явление.

П р и м е ч а н и е. Для опыта можно взять обычную электролампу и накрыть ее куском красной материи.

О т в е т. Чувствительность сетчатки глаза к красным лучам (в месте, на которое падает изображение красной лампы) уменьшается из-за утомления. Поэтому, когда на это место падают лучи от белого сектора, глаз сильнее всего реагирует на зеленые лучи, входящие в состав белого света.

354. *Кажущееся увеличение числа наблюдаемых объектов.* На валу электродвигателя укрепить круг из белой бумаги

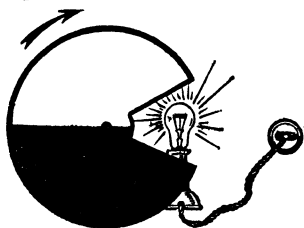


Рис. 277

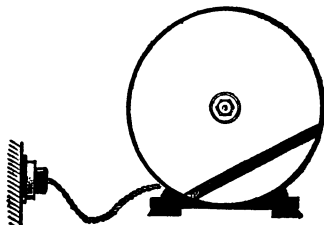


Рис. 278

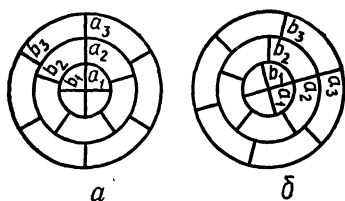


Рис. 279

диаметром 15—20 см, на котором начерчена хорда, стягивающая, например, $\frac{1}{3}$ окружности (рис. 278). Ширина линии не менее 5 мм. Круг осветить неоновой лампой. При изменении скорости вращения двигателя зрители увидят сложные переплеты

и комбинации множества разных фигур. Объяснить явление.

О т в е т. В моменты нескольких последовательных вспышек лампы хорда окажется в разных местах круга. Вследствие способности глаза сохранять зрительные ощущения в течение некоторого времени мы увидим сложную фигуру.

355. На оси электродвигателя закрепить диск, разделенный на три кольца с радиально начерченными полосками (рис. 279). Осветить диск неоновой лампой. Если подобрать такую скорость электродвигателя, чтобы средний ряд полосок казался неподвижным, то внешний ряд будет казаться вращающимся в одну сторону, а внутренний — в другую. Объяснить явление.

О т в е т. Пусть в некоторый момент круг, вращающийся по часовой стрелке, занимает положение, изображенное на рисунке 279, *a*, и наблюдатель смотрит на полоски, обозначенные буквами a_1, a_2, a_3 . За время между двумя вспышками лампы полоска b_2 среднего кольца займет положение a_2 ; каждая полоска этого кольца также займет место соседней полоски, поэтому он будет казаться неподвижным. Рисунок 279, *b* показывает, что в этот момент полоска b_1 окажется левее, а полоска b_3 — правее полоски b_2 . Поэтому внешнее кольцо будет казаться вращающимся по часовой, а внутреннее — против часовой стрелки.

356. На оси электродвигателя закрепить фанерный круг диаметром 40 см с двумя круглыми отверстиями, расположенными симметрично относительно его центра. На круге изображена вазочка и отдельно от нее букет цветов (рис. 280). Пучок света от проекционного фонаря проходит через отверстие в круге и попадает на плоское зеркало, отражающее свет обратно на круг. Зеркало поместить на расстоянии 2 м от проекционного фонаря, на объектив которого установить диафрагму с отверстием не более 1 см в диаметре. Левую часть круга заслонить от зрителей непрозрачным экраном.

При вращении круга в затемненной комнате зрители увидят букет в вазе. Объяснить явление.

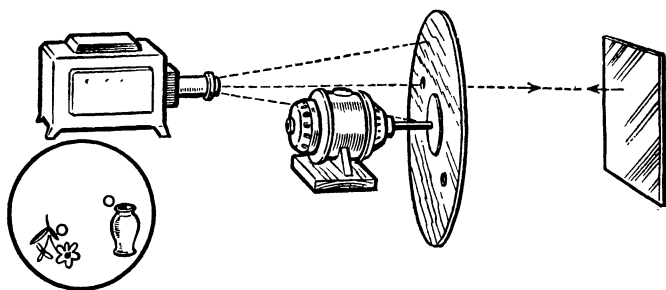


Рис. 280

О т в е т. Пучок света, отраженный зеркалом, освещает поочередно то изображение вазы, то изображение букета. Глаз некоторое время сохраняет зрительное впечатление, после того как предмета перед ним уже нет, поэтому зрители видят одновременно оба изображения (стробоскопический эффект).

357. Какой из пешеходов, изображенных на рисунке 281, выше ростом?

После ответа измерить фигуры на рисунке линейкой и выяснить, почему фигура мужчины кажется выше, чем фигура мальчика.

О т в е т. Повседневный опыт показывает, что, чем дальше находится предмет, тем он кажется меньше, а из двух предметов, размеры которых кажутся одинаковыми, больше тот, который дальше от нас отстоит. Именно поэтому фигура мужчины кажется выше фигуры мальчика.

358. Если смешать синюю и желтую краски, то получается зеленая краска. Но если светом синей и желтой ламп осветить лист чертежной бумаги, то она будет иметь белый цвет (синий и желтый цвета являются дополнительными). Нет ли здесь противоречия?

О т в е т. Нет. Синяя краска поглощает все цвета, но отражает синий, голубой и зеленый; желтая поглощает все цвета, но отражает зеленый, желтый и оранжевый. Поэтому обе краски в смеси отражают только зеленый цвет. При освещении экрана синим и желтым цветом оба они отражаются и вызывают ощущение белого цвета

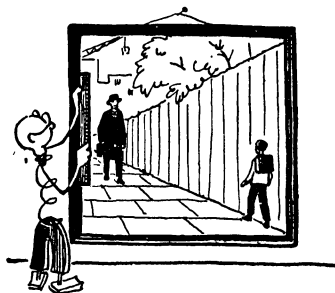


Рис. 281

359. Лист бумаги размером 15×15 см расчертить

карандашом на квадратики (2×2 мм) и раскрасить в шахматном порядке в два цвета — желтый и голубой. Показать этот лист сначала издали, а затем вблизи. В первом случае он кажется зеленым. Объяснить явление.

О т в е т. Если раскрашенный лист находится далеко, то изображения соседних желтых и голубых квадратиков укладываются на одном светочувствительном элементе сетчатки глаза и поэтому дают ощущение, соответствующее смешанному цвету.

ЭНЕРГИЯ СВЕТА

360. Две одинаковые колбы закрыть пробками, сквозь которые пропустить два конца стеклянной П-образной трубки (рис. 282). В колбы налить немного воды, в которую опустить концы трубки, тоже заполненной водой. На середину стеклянной трубки надеть пробку, за которую прибор привесить к штативу на тонкой двойной бечеве. Пробку передвинуть так, чтобы трубка установилась горизонтально. Правую колбу снаружи закоптить. Если на нее направить пучок света от близко стоящего проекционного фонаря, то другая колба будет перетягивать. Если убрать световой пучок, то равновесие восстановится. Объяснить явление.

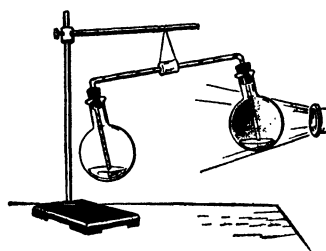


Рис. 282

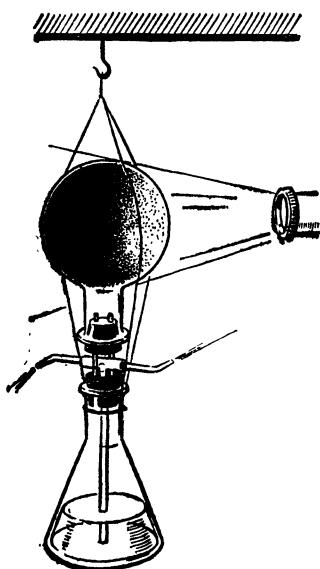


Рис. 283

О т в е т. Свет нагревает правую колбу, давление воздуха в ней увеличивается, и часть воды переливается в левую колбу, которая станет тяжелее. При устранении светового пучка воздух в правой колбе охлаждается, его давление падает и вода из левой колбы переливается обратно.

О т в е т. Свет нагревает правую колбу, давление воздуха в ней увеличивается, и часть воды переливается в левую колбу, которая станет тяжелее.

При устранении светового пучка воздух в правой колбе охлаждается, его давление падает и вода из левой колбы переливается обратно.

361. Продемонстрировать прибор, изображенный на рисунке 283. Он состоит из двух колб, плотно закрытых резиновыми пробками и соединенных между собой двумя латунными трубками. Верхняя колба закопчена,

а нижняя — на одну треть заполнена подкрашенной водой. В колбу с водой ·сквозь резиновую пробку пропущена до дна стеклянная трубка, верхний конец которой соединен со стеклянным тройником. К горизонтальным концам тройника присоединены стеклянные трубочки, согнутые под прямым углом. На закопченную колбу направить световой пучок от осветителя с лампой на 300 Вт. Прибор начнет вращаться. Объяснить явление.

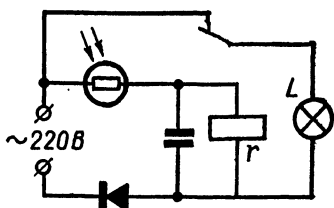


Рис. 284

О т в е т. От нагревания светом колбы давление находящегося в ней воздуха увеличивается, он поступает в нижнюю колбу и вытесняет из нее воду. Прибор вращается за счет реакции вытекающих струй.

362. Прямоугольную пластинку из плексигласа положить на стол и наэлектризовать, натирая шерстяной материей. Быстро провести безэлектродной трубкой над наэлектризованной пластинкой. Трубка при этом светится. Объяснить явление. Опыт показать в затемненной комнате.

О т в е т. Наэлектризованная пластинка окружена неоднородным постоянным электрическим полем. При быстром движении трубки электрическое поле внутри нее изменяется, что приводит к ионизации и свечению наполняющего ее газа.

363. Фотореле (рис. 284) включить так, чтобы оно срабатывало при затемнении фотосопротивления. В качестве нагрузки включить электролампу. Если этой же лампой осветить фотосопротивление, то лампа будет периодически зажигаться и гаснуть. Объяснить явление.

Как подобное приспособление, периодически включающее и выключающее электрический ток, можно использовать для практических целей?

О т в е т. Когда лампа L осветит фотосопротивление, через него пойдет ток, реле r разорвет цепь лампы L и она погаснет. Фотосопротивление затемнится, ток, текущий через него, прервется, и якорь реле, возвращаясь в исходное положение, замкнет цепь лампы L и т. д.

Подобное устройство можно было бы, например, использовать для управления мигающими светофорами.

364. *Фотоэлектрический метроном.* Собрать электрическую цепь, схема которой дана на рисунке 285. Цепь состоит из источника постоянного тока напряжением 240 В,

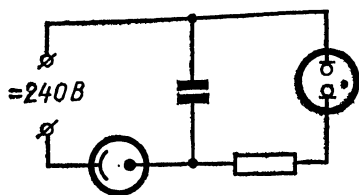


Рис. 285

фотоэлемента ЦГ-4 с номинальным напряжением 240 В, конденсатора емкостью 1 мкФ, сопротивления 10 кОм, неоновой лампы типа МН-6.

Если осветить фотоэлемент, то неоновая лампа начинает периодически вспыхивать и гаснуть. Если изменить силу

света, то частота вспышек неоновой лампы с увеличением силы света увеличивается. Объяснить явление.

О т в е т. Если на фотоэлемент попадает даже самый слабый свет, то конденсатор начинает постепенно заряжаться. Когда напряжение достигнет напряжения зажигания неоновой лампы, лампа вспыхивает, а конденсатор в этот момент разряжается. Лампа гаснет, конденсатор вновь начинает заряжаться и т. д.

365. Поместить перед объективом одного проекционно-го фонаря красное стекло, перед объективом другого — зеленое и получить на экране красное и зеленое пятна. Сдвигая фонари, добиться, чтобы эти пятна упали на одно и то же место экрана. Это место получится желтым. Убрать один фонарь. Помещая по очереди перед объективом другого фонаря красное и зеленое стекло, получить на экране сначала красное, а затем зеленое пятно. Поставить перед объективом оба стекла. Экран окажется темным. Объяснить явление.

О т в е т. В первом опыте происходит сложение красного и зеленого света, в результате чего получается желтый свет. Красное стекло поглощает все лучи, кроме красных, а зеленое — красные лучи и часть синих. Таким образом, сквозь оба сложенных стекла свет не проходит совсем.

366*. *Просветление оптики.* При прохождении света через оптические системы на каждой поверхности отражается до 4% проходящего света, что заметно снижает прозрачность оптики. Для просветления оптики на каждую поверхность линзы наносят тонкую пленку вещества с показателем преломления, меньшим, чем у стекла линзы. Толщина пленки равна четверти длины волны света. Объяснить действие такой пленки.

О т в е т. Разность хода лучей, отраженных от верхней поверхности пленки и поверхности линзы, равна удвоенной толщине пленки, т. е. половине длины волны. В этом случае отраженные лучи гасят друг друга и свет почти без потерь проходит через прибор.

367. В горизонтальную кюветку K размером 100×100 мм, на дно которой положена черная бумага, налить чистой воды. Свет от фонаря (без объектива) направить с помощью зеркала $З$ сверху на кюветку. Отраженный от воды свет принять на линзу L с фокусным расстоянием 12—20 см и получить изображение поверхности воды на экране $Э$ (рис. 286).

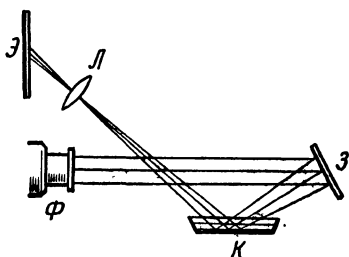


Рис. 286

Влить в воду пипеткой 2—3 капли скипидара. Хотя скипидар и вода бесцветны, на экране появятся постепенно меняющиеся радужные узоры. Объяснить явление.

О т в е т. Узоры возникают благодаря интерференции света, отраженного верхней и нижней поверхностью пленки скипидара. По мере его испарения пленка становится тоньше, что изменяет условия интерференционных максимумов и минимумов для разных ее участков.

368. Показать в отраженном красном свете кольца Ньютона (рис. 287, а). Почему в центре колец наблюдается черный круг (минимум), хотя геометрическая разность хода отраженных лучей в этом месте равна нулю?

О т в е т. Фаза луча 1 (рис. 287, б) при отражении от стеклянной пластинки изменяется на противоположную. Таким образом, лучи 1 и 2, обладающие до отражения одинаковыми фазами, после отражения имеют фазы противоположные и, следовательно, гасят друг друга.

369. На стержень электрометра укрепить цинковую пластину размером 200×250 мм, хорошо зачищенную

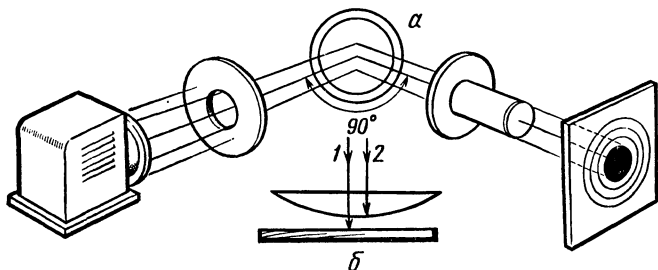


Рис. 287

мелкой наждачной бумагой. Зарядить электрометр отрицательно. Осветить пластину светом дугового проекционного фонаря, установленного от нее на расстоянии 1,5—2 м. Из фонаря предварительно удалить всю оптику. Угол отклонения стрелки электрометра будет медленно уменьшаться. Поместить перед фонарем кусок оконного стекла. Разряджение электрометра прекращается. Убрать стекло и повторить опыт, зарядив электрометр положительно. При освещении цинковой пластинки электрометр разряжаться не будет. Объяснить явление.

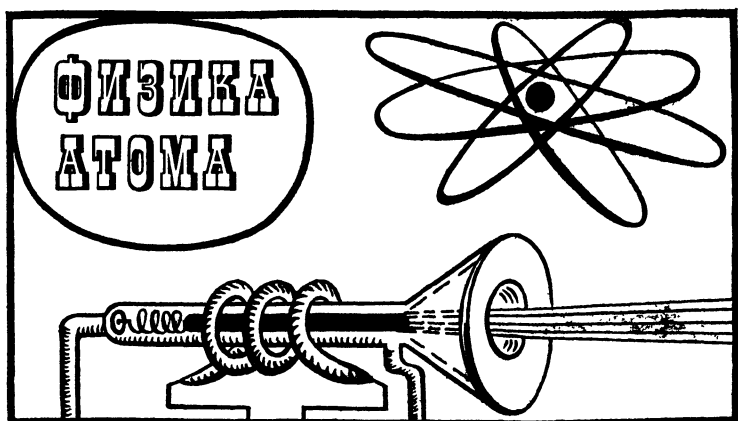
О т в е т. Кванты ультрафиолетового света излучения дуги выбивают из цинка электроны (фотоэффект), в результате чего отрицательный заряд пластинки и электрометра уменьшается. Стекло задерживает ультрафиолетовые лучи. Если пластина заряжена положительно, то выбитые электроны тотчас притягиваются обратно положительным зарядом пластины и заряд электрометра остается неизменным.

П р и м е ч а н и е. Нельзя располагать пластинку близко к дуге, так как в этом случае может сказаться ее ионизирующее действие.

370*. Привести примеры использования люминесцентного (холодного) свечения в мире живой природы.

О т в е т. Люминесцентное свечение используют для приманки добычи глубоководные рыбы-удильщики, живущие во мраке океанской бездны. У такой рыбы на голове есть длинная удочка, которая у некоторых рыб в десять раз длиннее тела. На конце удочки дрожит приманка — небольшой шарик, светящийся в темноте. Этот шарик снаружи покрыт черным покрывалом из хроматофоров. При их расширении свет гаснет, при сокращении свет между ними пробивается наружу. Под покрывалом заложен прозрачный слой, играющий роль линзы. Полость шарика заполнена светящимися бактериями, плавающими в особой жидкости. Обманутая рыба, кальмар или рак бросаются на огонек и попадают в зубы «рыболову».

Ученые считают, что около $\frac{9}{10}$ глубоководных животных имеют светящиеся органы, которые своим светом отпугивают врагов и приманивают добычу. Многие из обитателей глубин, спасаясь от преследования, выбрасывают облако светящейся слизи, ослепляющей нападающего хищника.



СПОСОБЫ ИЗУЧЕНИЯ БЫСТРЫХ ЧАСТИЦ. ЯДЕРНЫЕ РЕАКЦИИ

371*. Привести несколько интересных примеров, характеризующих число и размеры атомов и молекул.

О т в е т. 1. В Черном море содержится приблизительно $2 \cdot 10^{22}$ капель воды. Столько же молекул содержится в одной капле воды.

2. В булавочной головке содержится более 10^{19} атомов железа. Если эти атомы распределить на пути от Земли до Солнца (150 млн. км), то на каждом миллиметре этого пути окажется по полмиллиона атомов.

3. Если бы размеры всех предметов увеличились в 10^{10} раз, то булавочная головка сравнялась бы по величине с Землей, а атом превратился бы в шар с диаметром 1 м. Поперечник атомного ядра, расположенного в центре атома, стал бы равен 0,1 мм, т. е. был бы меньше, чем у точки, стоящей в конце этой фразы.

4. Сверхтяжелые тела, состоящие из «спрессованных» атомов, открыли астрономы в космическом пространстве. Так, например, небольшая звезда «РОСС-267» имеет среднюю плотность $10 \frac{m}{cm^3}$ (рис. 288).

372*. На рисунке 289 изображена схема опытов по исследованию радиоактивных излучений в электрическом и магнитном полях.

Определить направление отклонения α - и β -лучей.

О т в е т. 1. α -лучи, заряженные положительно, отклонятся вле-

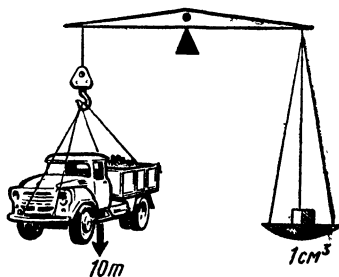


Рис. 288

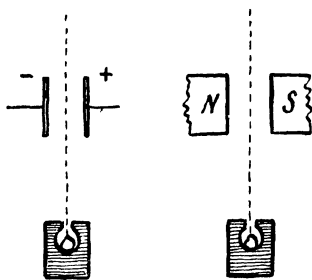


Рис. 289

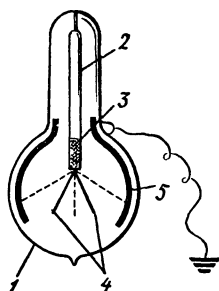


Рис. 290

во, к отрицательно заряженной пластине конденсатора; β -лучи, имеющие отрицательный заряд, отклонятся вправо, к положительно заряженной пластине.

2. По правилу левой руки можно установить, что α -лучи отклоняются в направлении, перпендикулярном плоскости чертежа (от читателя), β -лучи — к читателю.

373*. Швейцарский физик Грейнахер построил прибор, который он считал радиевым вечным двигателем (рис. 290).

Прибор состоял из герметически запаянной стеклянной колбы 1, в которой укреплялась стеклянная трубка 2, содержащая радиевую соль 3. Внизу трубки подвешивались два золотых листочка 4. К внутренней поверхности колбы прикреплялась металлическая обкладка 5, соединенная с землей. Двигатель непрерывно действовал следующим образом. Два золотых листочка постепенно раздвигались. Соприкоснувшись с металлической обкладкой на стенках колбы, они вдруг опадали. Затем снова раздвигались и так далее. Объяснить принцип действия прибора. Является ли он вечным двигателем?

О т в е т. Радиоактивная соль, кроме α - и γ -лучей, испускает β -лучи, т. е. отрицательно заряженные электроны, которые легко проникают сквозь стенки трубки. Вследствие потери отрицательных зарядов радиоактивная соль и соединенные с ней золотые листочки заряжаются положительно. Под действием одноименных зарядов золотые листочки отталкиваются и, коснувшись металлической обкладки, отдают заряд земле и опадают. Двигатель не вечный, он работает за счет преобразования ядерной энергии в механическую энергию. Когда все атомы радия распадутся, двигатель остановится.

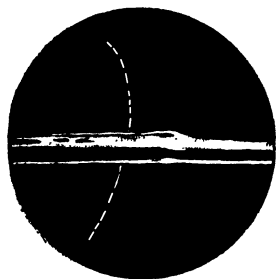


Рис. 291

374*. На рисунке 291 изображен фотографический снимок следа

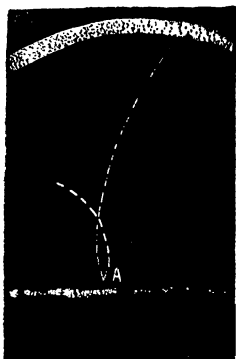


Рис. 292

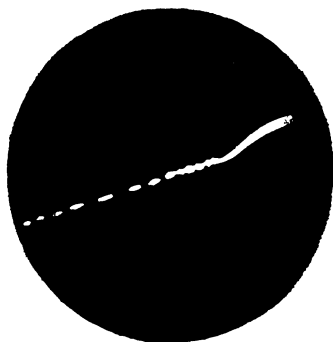


Рис. 293

позитрона, движущегося в магнитном поле в камере Вильсона и прошедшего слой свинца толщиной 6 мм.

1. В каком направлении двигалась частица: сверху вниз или наоборот?

2. Каково направление магнитного поля?

О т в е т. 1. Позитрон двигался снизу вверх. Это видно из того, что радиус кривизны траектории стал меньше наверху, так как после прохождения слоя свинца энергия позитрона уменьшилась, а потому магнитное поле больше искривило траекторию позитрона.

2. По правилу левой руки можно установить, что магнитное поле направлено от читателя к плоскости рисунка.

375*. На рисунке 292 представлен фотографический снимок следов двух элементарных частиц в камере Вильсона, помещенной в магнитном поле. Какое заключение можно сделать о знаке зарядов этих частиц, если они движутся от точки А, причем магнитное поле направлено перпендикулярно к плоскости чертежа (к читателю)?

О т в е т. Частицы заряжены разноименно, так как магнитное поле искривляет их траектории в разные стороны. По правилу левой руки можно установить, что левая частица заряжена отрицательно, а правая — положительно.

376*. Масса сложного атомного ядра всегда меньше суммы масс нуклонов, из которых оно образовалось. Можно ли на этом основании утверждать, что при образовании атомного ядра нарушается закон сохранения массы?

О т в е т. Нет. Когда при ядерных реакциях уменьшается масса без выброса из ядра элементарных частиц, то одновременно ядро излучает фотон. Масса ядра уменьшается в точности на массу фотона.

377*. На рисунке 293 приведен фотографический снимок, сделанный при помощи камеры Вильсона в момент

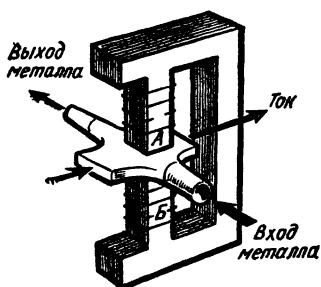


Рис. 294

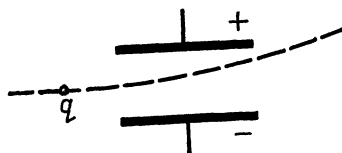


Рис. 295

поэтому на его пути почти отсутствуют центры конденсации, а значит, не виден и его след.

378*. В некоторых типах атомных реакторов в качестве теплоносителя используется жидкий натрий. На рисунке 294 изображен электромагнитный насос для перекачивания натрия. В нем канал с жидким металлом помещен между полюсами А и Б магнита. Поперек направлений магнитного поля и канала через жидкий металл пропускают постоянный ток I , в результате чего металл течет в направлении, указанном стрелкой. Определить направление магнитного поля магнита.

О т в е т. По правилу левой руки устанавливаем, что магнитное поле направлено сверху вниз.

379*. Электрон, начальная скорость которого направлена параллельно пластинам плоского конденсатора, влетает в середину между ними, а вылетает у края пластины (рис. 295). Разность потенциалов между пластинами равна U . Заряд электрона q . Найти изменение энергии электрона.

О т в е т. Электрическое поле конденсатора однородно, поэтому разность потенциалов на пути, пройденном электроном между пластинками, изменяется на $\frac{U}{2}$. Следовательно, энергия электрона увеличивается на $\frac{Uq}{2}$.

расщепления ядра азота нейтроном с вылетом α -частицы.

1. Написать уравнение ядерной реакции.

2. Ядро какого атома образует тонкий и какого — широкий следы, видимые на фотографии?

3. Почему на фотографии не виден след нейтрона?

О т в е т. 1. ${}^{14}_7\text{N} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{11}_5\text{B} + {}^4_2\text{He}$.

2. Более массивные заряженные частицы производят более интенсивную ионизацию, и их пробег меньше, чем у легких ядер. Поэтому тонкий след образует α -частица, а жирный — ядро бора.

3. Нейтрон электрически нейтрален, он мало ионизирует азот,

он мало ионизирует азот,

он мало ионизирует азот,

380*. Заряженная частица движется по инерции вдоль медной сужающейся трубки. Изменится ли ее скорость, когда она влетит в суженную часть трубки (рис. 296).



Рис. 296

О т в е т. При движении заряженной частицы в стенках трубки по индукции будут наводиться электрические заряды. Силы взаимодействия этих зарядов и частицы при ее входе в суженную часть трубки дадут равнодействующую, ускоряющую движение частицы.

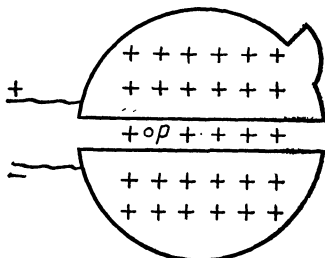


Рис. 297

381*. Описать движение протона в циклотроне, если в начале своего движения он находится между дуантами (рис. 297) в точке p , причем верхний дуант заряжен положительно, а нижний — отрицательно. Магнитное поле направлено перпендикулярно плоскости чертежа (от читателя).

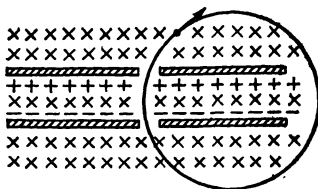


Рис. 298

О т в е т. Отталкиваясь от верхнего и притягиваясь к нижнему дуанту, протон начнет двигаться вниз. Сила, с которой магнитное поле действует на протон, будет искривлять его движение. По правилу левой руки можно определить, что протон будет двигаться против часовой стрелки, описывая кривую.

382*. Через отверстие в одной из пластин плоского конденсатора влетает электрон. Двигаясь ускоренно между обкладками конденсатора, электрон вылетает через отверстие в другой пластине (рис. 298).

Затем магнитное поле, силовые линии которого перпендикулярны плоскости движения электрона, искривляет его траекторию и возвращает электрон снова к отверстию в первой пластине. Может ли такое устройство работать в качестве ускорителя?

О т в е т. Электростатическое поле конденсатора является потенциалным. Его полная работа над электроном при прохождении последнего замкнутого пути равна нулю.

Что касается силы, с которой магнитное поле действует на движущийся электрон, то она, как известно, во всех случаях направлена

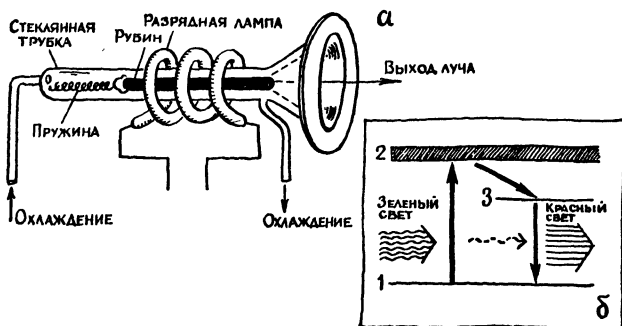


Рис. 299

перпендикулярно вектору скорости движения заряда и работы не совершает.

Поэтому кинетическая энергия электрона за каждый оборот увеличиваться не будет. Рассмотренное устройство не может служить ускорителем.

383*. Что вы знаете о лазере, схема которого изображена на рисунке 299, а?

О т в е т. Основой лазера служит кристалл синтетического рубина (Al_2O_3 с примесью 0,05% хрома) диаметром 6—7 мм и длиной 4—5 см. Торцы кристалла покрыты тонкими зеркальными слоями серебра, один из которых полупрозрачен. Для охлаждения кристалла его заключают в кварцевую трубку, через которую циркулирует жидкий азот. Кристалл окружен спиральной импульсной газоразрядной лампой, дающей мощное излучение с преобладанием зеленого света. При вспышке лампы атомы хрома поглощают кванты зеленого света и возбуждаются, переходя с низшего, первого энергетического уровня на высший, второй, а затем на промежуточный, третий уровень (рис. 299, б). Время пребывания их на третьем уровне в 1000 раз больше, чем на втором, в результате чего в кристалле накапливаются возбужденные атомы.

Под действием кванта красного света (некоторое число таких квантов кристалл испускает самопроизвольно) атом хрома переходит с третьего на первый энергетический уровень, излучая квант, совпадающий по фазе и направлению с квантом, его породившим. Оба эти кванта вынуждают появление еще двух и так далее: число квантов лавинообразно нарастает. Часть световой волны, параллельная оси кристалла, многократно отражаясь от его зеркальных торцов, непрерывно увеличивает свою амплитуду благодаря новым и новым присоединяющимся фотонам и, наконец, пробивает полупрозрачный серебряный слой и вырывается из лазера тонким и мощным световым пучком.

Свет лазера отличается от обычного света высокой монохроматичностью и параллельностью лучей. Поэтому сфокусированный луч лазера может быть виден простым глазом на громадном расстоянии, до 9 триллионов километров.

В зоне действия такого луча тела нагреваются до 7000—8000° С. Это позволяет создавать лазерные установки для различных технологических процессов. Сфокусированным лучом лазера производят микросварку мельчайших, даже невидимых невооруженным глазом деталей при изготовлении полупроводниковых приборов и монтаже сложных и тонких радиосхем, а также сваривают разнородные материалы (алюминий — никель, золото — кремний и др.). Мощным лучом лазера режут твердые тугоплавкие материалы, прошивают в них тончайшие, а также фигурные отверстия. На основе лазеров устраивают разнообразные светолокационные установки (например, для локации Луны). Медицинский лазерный прибор — офтальмокоагулятор позволяет с помощью коротких (1 мс) сфокусированных импульсов лазерного луча производить сложнейшие операции — «приваривать» отслоившуюся сетчатку глаза. Теоретические основы квантовых генераторов разработаны советскими учеными Н. Г. Басовым и А. М. Прохоровым, а также американским ученым Ч. Таунсом, которые за эти работы получили Нобелевскую премию в 1964 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Механика	5
Механическое движение	—
Сила тяжести и равновесие тел	8
Простые механизмы	14
Трение	18
Основные законы механики	19
Вращательное движение	23
Работа и энергия	27
Проекты вечных двигателей	29
Колебательное движение и звук	31
Равновесие жидкостей	37
Равновесие газов	45
Движение жидкостей	51
Движение газов	58
Теплота и молекулярная физика	64
Теплообмен. Расширение тел от нагревания	—
Изменение агрегатного состояния тел	68
Молекулярные силы в жидкостях	74
Электричество и магнетизм	82
Постоянные магниты	—
Электростатика	87
Постоянный электрический ток	97
Тепловое действие тока	100

Электрический ток в жидкостях и газах	102
Электрический ток в полупроводниках	106
Магнитное поле электрического тока	108
Движение проводника с током в магнитном поле	110
Электромагнитная индукция	113
Переменный электрический ток	118
Электромагнитные колебания и волны	121
Оптика	126
Распространение и отражение света	—
Необыкновенные оптические явления в атмосфере	137
Действие света на глаз	141
Энергия света	146
Физика атома	151
Способы изучения быстрых частиц. Ядерные реак-	
ции	—

ИБ № 952

Борис Феофанович Билимович

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВИКТОРИНЫ
В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ**

Редактор *Л. С. Мордовцева*

Художник обложки *Е. А. Позднякова*

Художественный редактор *Т. А. Алябьева*

Технический редактор *Е. К. Полукарова*

Корректор *О. С. Захарова*

Сдано в набор 29/VII 1976 г. Подписано к печати 21/II 1977 г. 84×108^{1/2}. Бумага сыктывкарская №1. Печ. л. 5,0. Условн. л. 8,4. Уч.-изд. л. 9,04. Тираж 150 000. Заказ. 6-2163.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Просвещение» Государственного комитета Совета Министров РСФСР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Москва, 3-й проезд Марьиной рощи, 41.

Головное предприятие республиканского производственного объединения «Полиграфкнига» Госкомиздата УССР, г. Киев, Довженко, 3.

Цена 28 коп.

28 коп.

