

Г. П. Макеева  
М. С. Цедрик

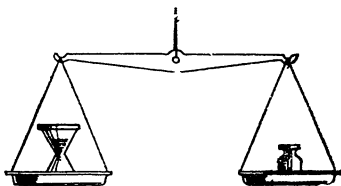
# Физические парадоксы и занимательные вопросы



Г. П. Макеева  
М. С. Цедрик

# Физические парадоксы и занимательные вопросы

Издание третье,  
переработанное



Минск  
«Народная асвета»  
1981



ББК 22.3  
М 15  
УДК 087.1 : 53

**Макеева Г. П., Цедрик М. С.**

**М 15** Физические парадоксы и занимательные вопросы.— 3-е изд., перераб.— Мн.: Нар. асвета, 1981.— 144 с., ил.  
15 к.

В книгу включены парадоксы и занимательные вопросы из разных разделов физики: механики, молекулярной физики, электричества и оптики. Содержание парадоксов и вопросов не выходит за рамки программы по физике, однако для понимания многих из них требуется глубокое и осмысленное усвоение школьного курса физики. Книга рассчитана на школьников. Она будет полезна учащимся техникумов и ПТУ, а также учителям.

**М**  $\frac{60601-166}{М 303(05)-81}$  153—80 4802000000

**ББК 22.3**  
53

© Издательство «Народная асвета», 1981.

## От авторов

Эта книга содержит занимательные вопросы из разных разделов физики. Большинство вопросов сформулировано в виде физических парадоксов: авторы умышленно допускают ошибку в рассуждении либо формулируют то или другое физическое положение недостаточно полно, поэтому в итоге получается нелепый результат, явно противоречащий общеизвестным физическим законам и эксперименту. Читателю предлагается найти ошибку и этим опровергнуть неправильный результат.

Такая форма изложения, как нам кажется, будет полезна для читателя, так как она дает возможность, отыскав ошибку, глубже понять смысл уже известных законов, теорий и практических приложений.

При подготовке рукописи авторы отобрали и обработали физические опыты, задачи и вопросы, часть которых была в свое время опубликована в отечественной и зарубежной занимательной литературе по физике, а также использовали матери-

алы методических статей из различных периодических изданий.

Предыдущие издания встречены читателями с интересом. Книга переиздана в Народной Республике Болгарии, Германской Демократической Республике и Японии. Ее успех стимулировал дальнейшую работу авторов по составлению новых парадоксов и софизмов, итогом которой явилось настоящее третье издание.

Пособие предназначено не только для школьников, интересующихся физикой, желающих расширить свои познания в области применения основных физических законов, изучаемых в школе, но и для учащихся техникумов и ПТУ. Учитель физики сможет найти здесь полезный материал для примеров, иллюстрирующих физические законы, и для вечеров занимательной физики.

Все замечания, имеющие целью улучшить качество книги, просим направлять по адресу: 220600 Минск, Парковая магистраль, 11, издательство «Народная асвета», редакция физики и математики.

# Механика

## 1. Кинематика

1. «Если тело находится в движении,— рассуждал философ Зенон Элейский,— то оно должно двигаться или там, где оно есть, или там, где его нет; но тело не может двигаться ни там, где оно есть, ни там, где его нет: следовательно, движение невозможно!»

Какую логическую ошибку допускал при этом Зенон?

2. На стадионе «Динамо» состоялось соревнование по бегу. Один спортсмен на заданной дистанции достиг скорости 9 м/с. С какой скоростью он выбрасывал ступню каждой ноги?

3. Автомобиль прошел расстояние из пункта  $A$  в пункт  $B$  со скоростью  $v_1=40$  км/ч, а обратно — со скоростью  $v_2=60$  км/ч. Какова средняя скорость движения?

Один ученик определил среднюю скорость по формуле

$$v_{\text{ср}} = \frac{v_1 + v_2}{2} = \frac{40 + 60}{2} = 50 \text{ (км/ч)}.$$

Правильно ли это?

4. Возьмем два диска разных диаметров —  $D$  и  $D_1$  с общей осью и жестко скрепим их (рис. 1). Полученное колесо поставим на параллельные рельсы  $AB$  и  $ab$  (положение I) и прокатим его по рельсам. Совершив один оборот, колесо займет положение II. Так как  $AB=ab$ ,  $\pi D = \pi D_1 = C$ , где  $C$  — длина окружности.

Таким образом мы доказали, что все окружности не отличаются своей длиной! Так ли это?

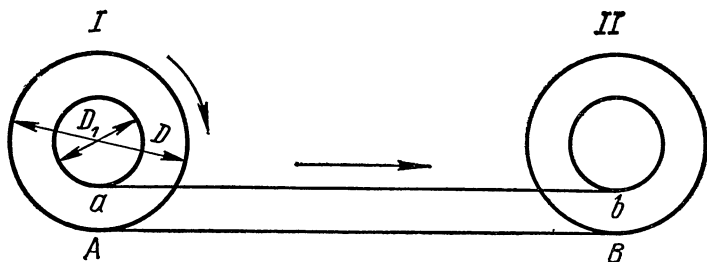


Рис. 1

Этот софизм приписывается Аристотелю («аристотелево колесо»).

5. Пусть в Киеве установлен всесоюзный рекорд в метании диска. Он составляет 57 м 92 см. Очевидно, чтобы побить этот рекорд в Минске, нужно при всех прочих равных условиях метнуть диск хотя бы на 1 см дальше. Однако при правильной оценке результата оказывается, что минский спортсмен может оказаться рекордсменом и в том случае, если он метнет диск на несколько сантиметров ближе киевлянина. В чем дело?

6. Известно, что если тело движется под действием ветра, то скорость его движения равна скорости ветра.

Заставим платформу, поставленную на полозья и снабженную парусом (такую конструкцию называют буером), двигаться под действием ветра по горизонтальной поверхности льда. Оказывается при этом скорость буера может превысить скорость ветра в 2—3 раза. В чем же здесь дело?

7. Какая стрелка движется быстрее: секундная на ручных часах или минутная на башенных?

8. Трактор тянет прицеп с определенной скоростью. Так как колеса прицепа свободно катятся по земле без скольжения, то его скорость равна скорости трактора и соответственно линейной скорости обода колеса. Частич-

ки грязи, которые отлетают от верхней точки заднего колеса, не могут иметь скорость больше, чем скорость колеса. Они не могут забрызгать переднюю часть прицепа. На самом деле это не так. Почему?

9. В движущемся поезде все точки каждого вагона, казалось бы, должны двигаться по направлению движения поезда. Однако в вагоне существуют точки, которые в каждый момент времени по отношению к полотну дороги движутся в сторону, противоположную движению поезда. Где находятся эти точки?

10. Вырежем из плотной бумаги круг и тушью проведем через его центр жирную полосу. В центре сделаем отверстие и наденем круг на диск проигрывателя, как надевают пластинку. При вращении диска создается впечатление, что он вращается рывками. Если же смотреть на диск строго сверху, то он вращается равномерно. То же самое происходит и с патефонной пластинкой. В чем здесь дело? Ведь скорость вращения диска постоянна.

11. Предположим, что точка  $A$  (рис. 2) движется равномерно по радиусу круга в направлении от центра, а сам круг в это время равномерно вращается против часовой стрелки. В каждый момент времени скорость сложного движения будет складываться из скорости  $\vec{v}$ , направленной по радиусу, и перпендикулярной к ней линейной скорости  $\vec{V}$ . Оба движения равномерные. Угол

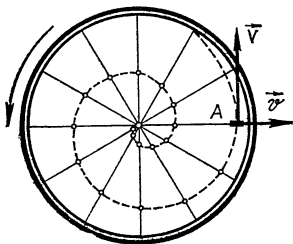


Рис. 2

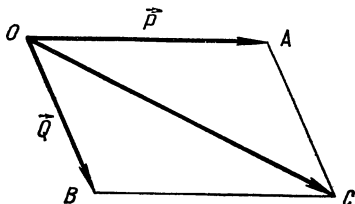


Рис. 3

между скоростями всегда прямой. Значит, результирующая скорость является постоянной величиной и это движение не может происходить по спирали, как это имеет место в действительности. В чем ошибка?

12. 4 января 1959 г. в 5 ч 55 мин по московскому времени первая советская космическая ракета, пройдя 370 тыс. км, пересекла орбиту Луны и вышла в межпланетное пространство. Скорость ее в этот момент была 2,2 км/с. Через два с лишним месяца, пройдя 900 млн. км, ракета пересекла земную орбиту и вышла в пространство между Землей и Марсом, превратившись в искусственную планету, вращающуюся вокруг Солнца со скоростью 32 км/с. Откуда взялась добавочная скорость ракеты?

## 2. Динамика

13. В вагоне поезда на столике около окна лежит уровень. Один из пассажиров наблюдает за поведением пузырька воздуха в трубке уровня. Во время стоянки поезда пузырек воздуха был посередине стеклянной трубки. Поезд тронулся, и пузырек переместился вправо. Когда поезд подходил к следующей станции и начал тормозить, пассажир увидел, что пузырек метнулся влево.

Куда повернул поезд: влево или вправо относительно стоящего у столика пассажира?

14. Для того чтобы попасть на работу и возвратиться с работы, инженер пользуется пригородным поездом и автобусом.

Выйдя из дому, инженер через несколько минут едет. Дорога поворачивает вправо, и он для сохранения равновесия заранее наклоняется вправо, поворот влево, и он заранее наклоняется влево. Через несколько минут инженер выходит, затем снова едет. Поворот вправо, и он заранее наклоняется влево. Поворот влево, и он заранее

наклоняется вправо. Где живет инженер — в городе или на даче?

15. При повороте автобуса пассажиры отклоняются в сторону, противоположную направлению поворота. Поворот самолета совсем не ощущается его пассажирами. Объясните, почему так происходит?

16. Метеорит сгорает в атмосфере, не достигая поверхности Земли. Что происходит при этом с его импульсом?

17. Когда шофер нажимает тормозную педаль, колодки тормозов прижимаются к колесам и замедляют их вращение. Но силы взаимодействия колес и тормозных колодок являются внутренними и, следовательно, не могут уменьшить скорость автомобиля. Почему же автомобиль останавливается?

18. Хорошо известно, что на гладкой поверхности легче поскользнуться и упасть, чем на шероховатой, так как неровности увеличивают трение. Почему же тогда шероховатый лед более скользок, чем гладкий?

19. Ускорение движущегося тела прямо пропорционально силе, действующей на тело, и обратно пропорционально его массе. Почему же, несмотря на то что сила тяги тепловоза постоянна и не равна нулю, масса поезда тоже постоянна, ускорение поезда на горизонтальном участке пути может быть равно нулю?

20. Закон независимости действия сил заключается в следующем: если на тело одновременно действует несколько сил, то движение, производимое каждой из сил, совершенно такое же, какое получилось бы, если бы эта сила действовала одна.

Действие любого числа сил можно всегда заменить действием одной равнодействующей, складывая попарно действующие силы по правилу параллелограмма. Однако может быть так, что тело не сдвинется с места, если его тянуть двумя силами по 10 Н каждая, и сдвинется, если его тянуть силой 20 Н. Значит, две силы по 10 Н, дей-

ствуя в отдельности, не вызывают никакого движения, а, действуя вместе, вызывают заметное движение. Как же это согласуется с законом независимости действия сил?

**21.** Закон независимости действия сил, сопоставленный с правилом параллелограмма сил, приводит к явному противоречию. На основании первого закона точка

$O$  (рис. 3) при совместном действии сил  $\vec{P}$  и  $\vec{Q}$  пройдет путь  $OA + OB = OA + AC$ , по второму же закону путь этот равен  $OC$ , но  $OC < OA + AC$ . Таким образом, допуская справедливость обоих законов, приходим к явному противоречию. Почему?

**22.** Леонардо да Винчи утверждал, что если сила  $F$  за время  $t$  продвинет тело, имеющее массу  $m$ , на расстояние  $s$ , то: 1) та же сила за то же время продвинет тело массой  $\frac{1}{2}m$  на расстояние  $2s$ ; 2) та же сила за время  $\frac{1}{2}t$  продвинет тело массой  $\frac{1}{2}m$  на расстояние  $s$ .

Верны ли эти утверждения?

**23.** Известно, что  $2 \text{ кН} = 2000 \text{ Н}$  и  $3 \text{ кН} = 3000 \text{ Н}$ . Перемножив эти равенства почленно, получим  $6 \text{ кН} = 6\,000\,000 \text{ Н}$  или  $6 \text{ кН} = 6 \text{ МН}$ . Значит, шесть килоньютон равны шести меганьютонам!?

**24.** Действие силы на тело не зависит от того, находится ли оно в покое или в движении. Камень, свободно падающий вертикально вниз с вершины мачты стоящего корабля, должен упасть по вертикали к основанию мачты. Следовательно, на равномерно и прямолинейно движущемся корабле камень должен был бы упасть не к основанию мачты, как это имеет место в действительности, а позади мачты на расстоянии, которое корабль успел пройти за время падения камня. Почему?

**25.** Внутренние силы не могут переместить центр тяжести системы. Почему же летит ракета, ведь ее движут внутренние силы?

26. Взрослый человек может растянуть динамометр с силой 100 Н, ребенок — с силой 30 Н. Каково будет показание динамометра, если они будут растягивать его в разные стороны? Вероятно, динамометр покажет 70 Н. Так ли это?

27. Можно ли с помощью пружинных весов, рассчитанных на 200 Н, взвесить чемодан весом 300 Н? Как это сделать?

28. Если тело весом  $P$  давит на чашку весов сверху вниз, то чашка весов, в силу третьего закона Ньютона, давит на него снизу вверх с той же силой  $P$ , а две равные и противоположно направленные силы, по-видимому, должны уравниваться, и каким бы ни был вес тела, стрелка весов останется в равновесии. Так ли это?

29. Станем на пружинные весы, стрелка весов покажет некоторый вес. Быстро поднимем руки вверх, затем резко опустим их вниз. Очевидно, от этого вес тела не изменится. Стрелка весов, однако, показывает обратное: в первом случае — увеличение, во втором — уменьшение веса (рис. 4). Объясните это явление.

30. Если на движущемся по круговой орбите спутнике в сосуд с водой опустить железную гайку, то утонет ли она?

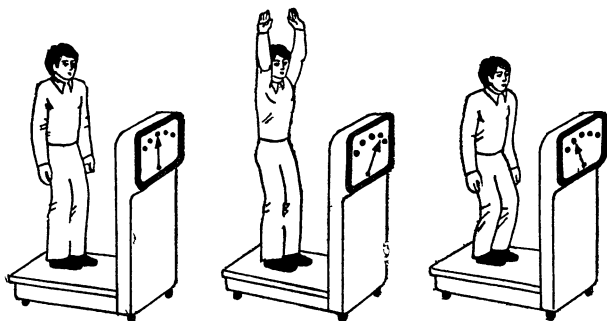


Рис. 4

**31.** Как происходило бы движение нашей Земли, если бы вдруг исчезло притяжение Солнца? Сохранилось бы ее вращение вокруг оси или нет?

**32.** Когда больше весит килограммовая гиря — зимой или летом?

**33.** Известно, что сила, с которой тела притягиваются Землей, убывает по мере увеличения расстояния от земной поверхности.

Следовательно, при приближении килограммовой гири к центру нашей планеты, вес ее, по-видимому, должен возрастать, а в центре Земли стать равным бесконечности. На самом деле с углублением в землю тела уменьшаются в весе. Почему?

**34.** Известно, что при падении тела скорость его все время возрастает. Можно ли это объяснить таким образом: по мере падения тело все больше и больше приближается к земле, а чем меньше расстояние между телами, тем притяжение сильнее, вместе с силой притяжения возрастает и скорость тела. Если нельзя, то почему?

**35.** В XVII в. в одной из книг была напечатана такая задача. Вокруг Земли построили мост, совершенно однородный по материалу на всем протяжении, равный по весу в любой части. Затем из-под моста удалили все опоры. Что произойдет при этом? Обрушится ли мост? Можно ли будет воспользоваться им для практических целей?

**36.** Многие небесные тела по массе больше земных во много раз. Но расстояния между ними также больше расстояний между земными предметами в огромное число раз. А так как все тела притягиваются друг к другу с силой, прямо пропорциональной произведению их масс и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними, то странно, почему мы не замечаем притяжения между земными предметами в огромное число раз. А так как все тела притягиваются друг к другу с силой, прямо пропорциональной произведению их масс и обратно про-

порциональной квадрату расстояния между ними, то почему мы не замечаем притяжения между земными предметами, в то время как оно является главной причиной, определяющей характер движения небесных тел.

**37.** Известно, что для полета на Луну космический корабль должен получить вторую космическую скорость. Значит, невозможно достичь Луны на корабле, имеющем меньшую скорость. Оказывается, теоретически это можно сделать в ракете, имеющей скорость автомашины. Как же это понимать?

**38.** Искусственный спутник движется по круговой орбите вблизи поверхности планеты. Пренебрегая трением атмосферы, определим период его обращения. Обозначим массу планеты  $M$ , ее радиус  $R$ , массу спутника  $m$ . Сила, действующая на спутник вблизи поверхности планеты, согласно закону всемирного тяготения, будет равна

$$|\vec{F}| = G \frac{Mm}{R^2},$$

где  $G$  — гравитационная постоянная.

С другой стороны, центростремительная сила

$$|\vec{F}| = \frac{mV^2}{R},$$

где  $V$  — линейная скорость спутника.

Масса планеты

$$M = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho,$$

где  $\rho$  — плотность планеты.

Значит,

$$\frac{mV^2}{R} = G \frac{4}{3} \pi R^3 \rho \frac{m}{R^2},$$

откуда

$$V = 2R \sqrt{\frac{\pi G \rho}{3}}.$$

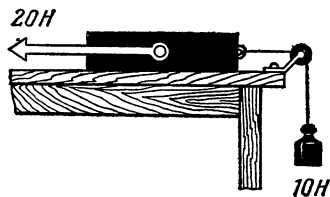


Рис. 5

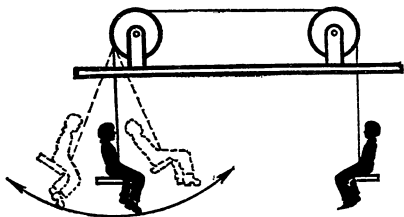


Рис. 6

Тогда

$$T = \frac{2\pi R}{v} = \sqrt{\frac{3\pi}{G\rho}} = \text{const},$$

т. е. период обращения спутника не зависит от радиуса планеты и от расстояния его до центра планеты. Это противоречит третьему закону Кеплера —  $T = k\sqrt{r^3}$ , где  $r$  — радиус круговой орбиты,  $k$  — коэффициент пропорциональности. В чем здесь дело?

39. На столе лежит брусок весом 50 Н. Груз весом 10 Н с помощью канатика, перекинутого через блок, тянет его вправо. Коэффициент трения между поверхностями бруска и стола равен 0,4. Поэтому сила трения, приложенная к бруску и направленная влево, равна  $50 \text{ Н} \cdot 0,4 = 20 \text{ Н}$ . Отсюда следует, что брусок должен начать двигаться влево, так как сила трения на 10 Н больше веса груза (рис. 5). Так ли это?

40. Один из законов трения гласит: максимальная сила трения покоя прямо пропорциональна силе  $\vec{N}$  нормального давления тела на поверхность  $|\vec{F}| = \mu|\vec{N}|$ , где  $\mu$  — коэффициент трения. Тогда на вопрос: «Какая сила трения действует на стол весом 300 Н, стоящий на полу, если коэффициент трения 0,4?» — следует ответить: — 120 Н. Правильно ли такое рассуждение?

41. Как известно, силой, движущей поезд, является сила трения колес тепловоза о рельсы, а сила трения

между рельсами и колесами вагонов является тормозящей. Но колеса тепловоза и вагонов сделаны из одного и того же материала, а вес вагонов гораздо больше веса паровоза. Почему же тепловоз в состоянии двигать состав?

42. Все тела вследствие их притяжения к Земле падают на нее. Облака состоят из мелких капелек воды. Значит, облака должны падать на Землю. Однако никто не наблюдал, чтобы облако когда-нибудь достигло Земли. Как объяснить этот парадокс?

43. Река, казалось бы, должна нести все свободно плывущие по ней предметы с одинаковой скоростью, с той, с которой она сама течет. Однако в действительности скорость плывущего тела тем больше, чем тяжелее оно. Значит, скорость тяжело нагруженного плота может превышать скорость реки. Откуда же возникает сила, сообщающая плоту эту дополнительную скорость?

44. Утка при ходьбе переваливается с боку на бок, а курица нет. Почему?

45. Двое качелей подвешены на одной веревке, переброшенной через свободно вращающиеся блоки (рис. 6). Если на качели посадить двух мальчиков одинакового веса и один из них будет сидеть неподвижно, а другой раскачиваться, то качели первого должны остаться на одном и том же уровне, так как на обе веревки действуют одинаковые силы. Так ли это?

46. Если чашечные весы имеют неравные плечи, то они не могут быть в равновесии. Но ведь их можно уравновесить, положив на одну из чашек небольшой грузик. Почему же и теперь нельзя взвешивать на таких весах обычным способом?

47. Шар скатывается без скольжения по наклонно расположенной доске (рис. 7). На него действуют следующие силы: сила тяжести  $\vec{P}$ , сила трения покоя о доску  $\vec{F}_{\text{тр}}$  и реакция доски  $\vec{N}$ . Из рисунка видно, что на шар

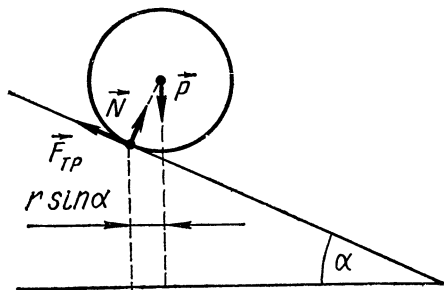


Рис. 7

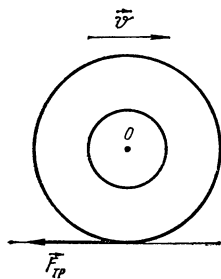


Рис. 8

действует пара сил с вращающим моментом  $M = |\vec{P}| r \sin \alpha$  ( $r$  — радиус шара,  $r \sin \alpha$  — плечо силы  $\vec{P}$ ). При наличии этого вращающего момента угловая скорость вращения шара должна непрерывно увеличиваться. Следовательно, движение центра шара всегда будет ускоренным, равномерное скатывание шара по наклонной доске невозможно.

Это заключение совершенно неправильно. Укажите ошибку в рассуждениях.

48. По горизонтальной плоскости катится колесо со скоростью  $\vec{v}$ . Сила трения направлена влево (рис. 8), поэтому скорость колеса будет уменьшаться. Но ведь момент этой силы относительно центра  $O$  направлен по часовой стрелке, и, следовательно, скорость вращения колеса должна увеличиваться. В чем же здесь дело?

49. На рисунке 9 показан дятел, сидящий на стволе дерева. Вес его разлагается на две составляющие  $F_1$  и  $F_2$ . Составляющая  $F_1$  уравнивается реакцией дерева на хвост птицы. Составляющая  $F_2$  стремится опрокинуть птицу. Почему же дятел под действием этой составляющей не падает вниз, а без особого труда удерживается на стволе дерева?

50. При вращении центробежной машины, на которой укреплена подставка с отвесами, все шарики отклоняются на различные углы тем большие, чем больше расстояние соответствующего отвеса от оси вращения (рис. 10).

Первый отвес находится на оси вращения диска, поэтому на него при вращении подставки не будет действовать центробежная сила инерции и он останется неотклоненным. На остальные шарики будет действовать центробежная сила инерции, пропорциональная расстоянию от оси вращения соответствующего отвеса.

Таким же образом можно объяснить и следующий факт: если укрепить свечу в стеклянном цилиндре на подставке центробежной машины (рис. 11), то при вращении диска пламя свечи, очевидно, должно было бы отклониться на соответствующий угол тем больший, чем дальше находится свеча от оси вращения, однако это не подтверждается опытом. Где же ошибка?

51. По наклонной плоскости скатываются две бутылки одинаковой массы. Одна из бутылок наполнена водой, другая — смесью песка с опилками (рис. 12). Абсолютная величина скатывающей силы  $\vec{F}_1$  равна

$$|\vec{F}_1| = |\vec{P}| \sin \alpha = \frac{mgh}{l}.$$



Рис. 9

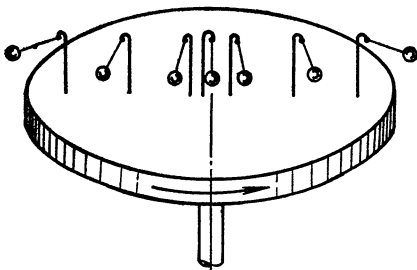


Рис. 10

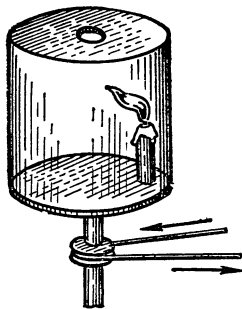


Рис. 11

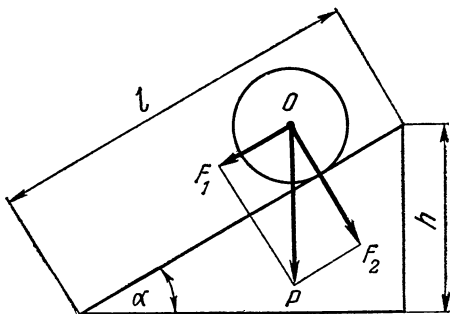


Рис. 12

Масса бутылок  $m$ , ускорение силы тяжести  $g$ , высота наклонной плоскости  $h$ , длина ее  $l$  и сила  $F_1$  остаются во время движения по наклонной плоскости постоянными. Следовательно, бутылки должны скатываться одновременно. Это утверждение расходится с действительностью: бутылка с водой скатывается быстрее. Почему?

52. Центробежная сила определяется формулой:

$$|\vec{F}| = \frac{mV^2}{r},$$

где  $m$  — масса материальной точки,  $V$  — линейная скорость,  $r$  — радиус кривизны. При достаточно малом радиусе эта сила, по-видимому, может достигнуть очень большой величины. Почему тогда частицы, лежащие вблизи земного полюса и находящиеся под влиянием такой колоссальной центробежной силы, не оторвутся и не улетят к оси вращения?

53. Как известно, центробежная сила определяется формулами:

$$|\vec{F}| = m\omega^2 r, \text{ или } |\vec{F}| = \frac{mV^2}{r},$$

то есть центростремительная сила одновременно и прямо пропорциональна и обратно пропорциональна радиусу окружности, по которой движется точка. В чем же дело?

54. Барон Мюнхаузен рассказывал про следующий случай, который произошел с ним. Он разбежался, чтобы прыгнуть через болото. Во время прыжка заметил, что не допрыгнет до противоположного берега. Тогда в воздухе он повернул обратно на берег, с которого прыгал. Могло ли это произойти?

### 3. Равновесие сил

55. Все тела падают вниз. Если тело заставить скатываться с наклонной плоскости, то оно также покатится вниз. Однако, оказывается, можно заставить тело катиться по наклонной плоскости вверх. Склеим из картона кольцо, внутрь которого приклеим тяжелый шарик, а из линейки сделаем наклонную плоскость, положив один ее конец на книгу. Если теперь поставить кольцо так, чтобы шарик приходился немного впереди точки опоры, то кольцо покатится вверх по уклону. В чем дело?

56. Буксировка корабля во время волнения моря — очень сложное дело. Отбросит волной судно, туго натя-

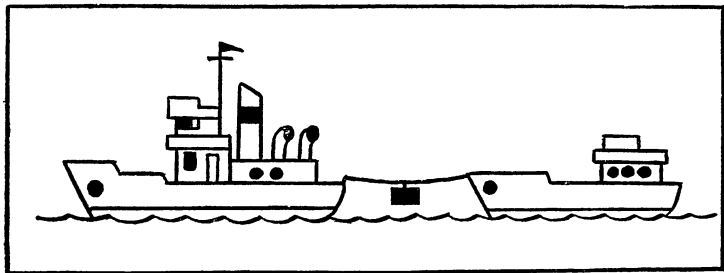


Рис. 13

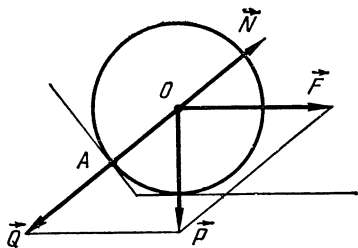


Рис. 14

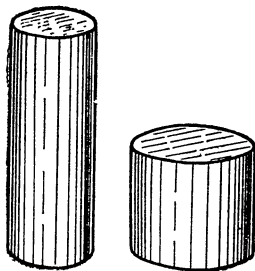


Рис. 15

нет трос, и он может лопнуть. Чтобы этого не случилось, на трос вешают груз (рис. 13): якоря, тяжелые металлические болванки и т. п. Под действием груза натяжение троса, наверное, возрастет. В действительности груз уменьшает натяжение. Почему?

57. Известно, что сила, приложенная к длинному плечу рычага, уравнивается собой большую силу, действующую на короткое плечо. Тогда в обычных равноплечных весах можно положить гири поближе к внутреннему краю чашки, а взвешиваемое тело к наружному. Весы станут неравноплечными, так как мы укоротили то плечо, на которое действуют гири, и удлинили то плечо, на которое действует тело. Следовательно, окажется, что тело весит меньше, чем гири на другой чашке весов. Правильно ли такое рассуждение?

58. Тяжелый шарик находится в равновесии на горизонтальном полу, одновременно касаясь стены, наклоненной к полу под тупым углом. Но, как видно из рисунка 14, сила тяжести, если ее разложить по правилу параллелограмма, должна дать составляющую  $\vec{F}$ , приводящую шарик в движение. Действительно, согласно третьему закону Ньютона составляющая  $\vec{Q}$  равна по величине и противоположна по направлению реакции стенки  $\vec{N}$ . Следо-

вательно, на тяжелый шарик будет действовать только сила  $\vec{F}$ , которая должна была бы привести его в движение по направлению действия этой силы. Однако шарик находится в покое. В чем здесь дело?

#### 4. Гидро- и аэростатика

59. Имеются два сосуда одинакового объема, но разной формы (рис. 15). Погрузим их вертикально вниз открытыми концами в воду на одинаковую глубину. Очевидно для этого потребуется одинаковое усилие, так как объем сосудов одинаков, а давление жидкости зависит от глубины погружения. Так ли это?

60. На одной из чашек точных весов стоят песочные часы (рис. 16). Песок из верхней половины часов пересыпается в нижнюю. В каждый момент времени определенное число песчинок находится в воздухе и не оказывает давления на дно нижнего сосуда. Значит, песочные часы должны во время пересыпания песка весить меньше, чем тогда, когда весь песок находится уже в нижнем сосуде. В действительности же они все время весят одинаково. Как это объяснить?

61. На чувствительных весах гирей уравнивали деревянный кубик, а затем весы поместили под стеклянный колпак и откачали воздух, в результате чего измени-

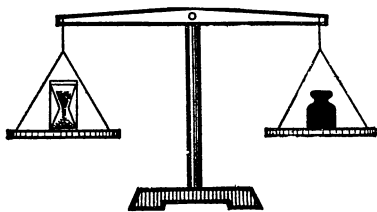


Рис. 16

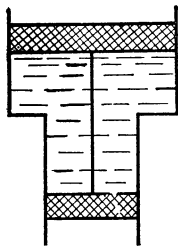


Рис. 17

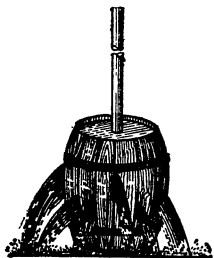


Рис. 18

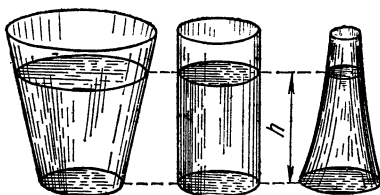


Рис. 19

лось давление воздуха на чашки весов. Но вследствие того, что давление было одинаковым на обе чашки, равновесие весов, по-видимому, сохранится. Так ли это?

**62.** Один древний философ, желая взвесить воздух, надул им бычий пузырь и взвесил его. Затем выпустил из него воздух и снова взвесил. Вес в том и другом случае оказался одинаковым. Из этого он сделал вывод, что воздух ничего не весит. В чем ошибка философа?

**63.** За уровнем воды в паровом котле следят при помощи так называемой водомерной трубки. Почему уровень воды в водомерной трубке и в котле один и тот же, несмотря на то что в котле на всю поверхность воды давит пар?

**64.** На рисунке 17 изображены два поршня различных диаметров, жестко связанные между собой с помощью штока. Пространство между поршнями заполнено водой. Казалось бы, что легче переместить поршни вниз, так как для перемещения их вверх надо преодолеть вес поршней и воды. Однако в действительности как раз наоборот. Как это объяснить?

**65.** Разрыв бочки в опыте Паскаля (рис. 18) является парадоксом, так как единственная действующая здесь сила — тяжесть воды в трубке — для этого, очевидно, не достаточна. Для разрыва бочки требуется значительно

большая сила, чем вес бочки вместе с водой. Откуда же берется эта дополнительная сила?

**66.** К нижнему концу обычной стеариновой свечи привяжите небольшой грузик и опустите ее в сосуд с водой. Вес грузика подберите так, чтобы свеча плавала в вертикальном положении, а верхний конец ее чуть-чуть выступал над поверхностью воды. Теперь зажгите свечу. Как только сгорит верхняя часть, выступающая из воды, свеча должна потухнуть. Но этого не случится. Свеча будет спокойно гореть, возвышаясь над поверхностью воды. Чем это можно объяснить?

**67.** В три одинаковых ведра опустили по равному куску дерева. К каждому куску привязали по одинаковой гире и наполнили ведра до краев водой. В первом ведре дерево вместе с гирей плавало в воде. Во втором ведре бечева размоталась и гиря слегка коснулась дна. В третьем ведре бечева размоталась совсем и гиря полностью легла на дно. Если эти ведра поочередно взвесить, какое из них окажется тяжелее?

**68.** В Закавказье растет дерево самшит, которое в 1,2 раза тяжелее воды. Из него приготовили брусок. Такого же объема брусок приготовили из липы, которая в 1,2 раза легче воды. Бруски связали вместе и погрузили в воду. Брусок из липы был внизу, а из самшита — наверху. Первый погрузился весь, а второй на  $\frac{5}{6}$  своей высоты. Потом бруски перевернули: внизу стал из самшита, а наверху — из липы. На какую высоту погрузился брусок из липы?

**69.** В стеклянный сосуд с круглым дном, емкость которого  $250 \text{ см}^3$ , до половины высоты налили раствор. Вместе с раствором он весит  $2,50 \text{ Н}$ . В сосуд опустили некоторое тело, общий вес стал равным  $4,50 \text{ Н}$  и раствор поднялся до краев сосуда. Вес тела в растворе составил  $0,50 \text{ Н}$  и был на  $50 \text{ Н}$  меньше веса его в воде.

Какая форма сосуда — цилиндрическая или коническая?

70. С некоторых пор воздушные шары стали заполнять гелием вместо водорода. Это намного уменьшило опасность взрыва. Но ведь гелий вдвое тяжелее водорода, следовательно, наполненные им воздушные шары для достижения одинаковой подъемной силы должны быть вдвое больше, чем наполненные водородом. Правильно ли такое рассуждение?

71. На весах уравнивается сосуд, на  $\frac{3}{4}$  наполненный водой. Что произойдет с весами, если в сосуд опустить одним концом предмет, держа другой его конец в руке?

Весы должны были бы остаться в равновесии, ибо предмет, введенный в сосуд с водой, нельзя рассматривать как лишнюю перегрузку. Ведь его вес не действует на чашку весов, так как он не плавает в воде, не упирается в дно или стенки, а остается в руке. Опыт показывает, что весы выйдут из равновесия и покажут увеличение веса сосуда. Как это объяснить?

72. Сила давления жидкости на дно сосудов, показанных на рисунке 19, одинакова (площадь дна сосудов одинакова). При нагревании жидкости в сосудах ее плотность  $\rho$  уменьшается. Очевидно, и сила давления жидкости на дно сосуда с уменьшением плотности должна уменьшиться. Почему же это утверждение, как показывает опыт, справедливо только для сосудов, расширяющихся кверху?

73. Закрытый стеклянный колпак с птицей помещен на чашку весов. Пока птица стоит, весы уравниваются гирями. Если птица взлетит и будет парить внутри колпака, весы должны выйти из равновесия, так как давление птицы на чашку станет меньше. Так ли это в действительности?

74. Положим на стол дощечку 5—6 мм толщиной, примерно 20 см шириной и 60 см длиной. Уравновесим ее на краю стола так, чтобы при малейшем нажиме она наклонялась или падала. Теперь поверх установленной

в таком положении дощечки расстелим на стол газету. Если с силой ударим кулаком по выступающему концу дощечки, то она должна была бы упасть на пол. Опыт показывает обратное: дощечка останется на месте, словно приколоченная гвоздями. Откуда же берется сила, удерживающая дощечку на месте?

75. Можно ли выстрелить из револьвера на дне океана?

76. При выстреле из винтовки в круто сваренное яйцо (или пустой стеклянный сосуд) пуля пробьет в яйце (пустом сосуде) только сквозное отверстие. Остальная часть яйца (сосуда) останется целой. Но если выстрелить в сырое яйцо или стеклянный сосуд, наполненный водой (рис. 20), то яйцо и сосуд с водой разбиваются вдребезги.

Объясните это явление.

77. Широкое колено U-образного ртутного манометра имеет втрое больший диаметр, чем узкое (рис. 21). Мы хотим измерить давление с помощью этого манометра. Пусть при изменении давления уровень ртути в широком колене поднялся на  $\Delta h_1$ , а в узком — опустился на  $\Delta h_2$ . Из условия неразрывности столба  $\Delta h_1 S_1 = \Delta h_2 S_2$ . Следовательно,  $\Delta h_2 = \Delta h_1 \frac{S_1}{S_2} = 9 \Delta h_1$ . Тогда это означает, что если

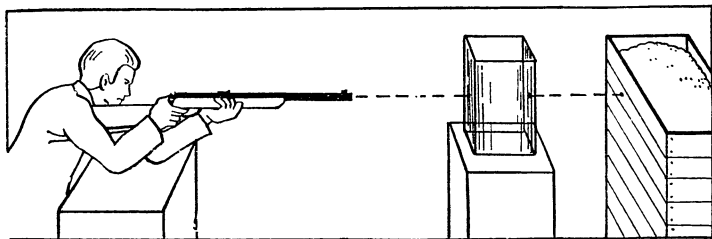


Рис. 20

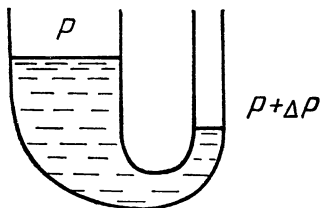


Рис. 21

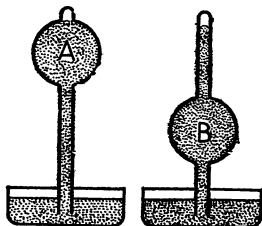


Рис. 22

шкалу прикрепить к тонкому колену манометра, то цена деления будет в 9 раз меньше. В 9 раз точнее будет при этом и отсчет изменения давления. К какому из колен манометра выгоднее подсоединить сосуд, в котором мы измеряем давление?

## 5. Работа и энергия

78. По закону инерции тело, лежащее на горизонтальной поверхности и получившее толчок вдоль поверхности, сохраняет свою скорость постоянной, т. е. будет двигаться вечно. Но тело, движущееся вечно, совершает бесконечно большую работу по своему перемещению, которое является результатом первоначального, иногда незначительного, толчка.

Как это согласуется с законом сохранения энергии?

79. Работа  $A$ , совершаемая постоянной силой, равна произведению абсолютных значений силы  $|\vec{F}|$  и перемещения  $|\vec{s}|$ , умноженному на косинус угла между векторами силы и перемещения, т. е.

$$A = |\vec{F}| \cdot |\vec{s}| \cos \alpha.$$

Человек, безуспешно пытающийся поднять непосильный для себя груз, не совершает работы, потому что в данном случае путь, пройденный точкой приложения

силы, равен нулю, а между тем усталость после такой безуспешной попытки поднять груз свидетельствует об обратном. Почему?

80. Изменится ли работа и мощность, затрачиваемая мотором эскалатора, который движется вверх, если пассажир будет сам также подниматься по эскалатору с равномерной скоростью?

81. Известно, что на Луне сила тяжести в 6 раз меньше земной. Значит, спортсмен, преодолевший на Земле высоту 2 м, должен был бы на Луне прыгнуть на высоту 12 м. Так ли это?

82. Представьте себе, что космонавт вышел из космического корабля и с помощью индивидуального ракетного двигателя совершает прогулку в открытом космосе, а затем, возвращаясь, вовремя не выключит двигатель, подойдет с избытком скорости к кораблю и ударится о него ногой. Ему не должно быть больно, так как и космонавт и корабль в состоянии невесомости. Так ли это?

83. Согласно закону сохранения полной механической энергии, энергия, которой обладают тела, не создается и не уничтожается, а только переходит из одной формы в другую, в количественном отношении оставаясь неизменной. Однако если мяч бросить с небольшой высоты вертикально вниз, то он может подпрыгнуть выше того уровня, с которого был брошен. На большей высоте мяч должен обладать большей энергией. Следует ли отсюда, что для данного случая закон сохранения полной механической энергии неверен? Ответ обосновать.

84. Соберите на берегу моря несколько камешков, а затем бросайте их поочередно на цементный пол с небольшой высоты. Известно, что после второго удара о пол тело должно подскочить на меньшую высоту, так как часть его кинетической энергии расходуется при ударе о землю. Камешки же после второго удара о пол поднимаются иногда почти вдвое выше, чем после первого.

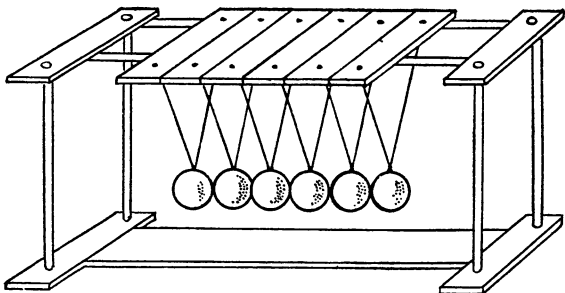


Рис. 23

Чем объясняется такое противоречие закону сохранения полной механической энергии?

85. Перед нами две одинаковые чашки со ртутью. В них поставлены вверх дном сосуды, из которых выкачан воздух. Эти сосуды во всем подобны друг другу, но полости *A* и *B* расположены в них на разной высоте. Ртуть в сосудах поднимется и установится на одном уровне (рис. 22). При этом атмосферное давление  $p$  совершит в обоих случаях одну и ту же работу, равную  $pV$  ( $V$  — объем вытесненной из чашек ртути). В левом сосуде основная масса ртути будет находиться на большей высоте, чем в правом. Значит, за счет одной и той же работы запасены различные потенциальные энергии, что явно противоречит закону сохранения полной механической энергии.

86. Пусть тело массой  $m$  находится в поезде, движущемся со скоростью  $u$ . В таком случае оно обладает относительно земли энергией  $\frac{mu^2}{2}$ . Затем тело бросают по направлению движения поезда со скоростью  $v$  относительно поезда, сообщая ему таким образом энергию  $\frac{mv^2}{2}$ . Значит, оно будет обладать энергией  $\frac{mu^2}{2} + \frac{mv^2}{2}$ . Но можно рас-

суждать и так: тело движется относительно земли со скоростью  $(u+v)$  и, следовательно, обладает энергией  $\frac{m(u+v)^2}{2}$ .

Это выражение больше предыдущего на  $mvv$ . Какое из этих двух рассуждений неверно?

87. Подвесим бифилярно шесть шаров из слоновой кости на специальной подставке (рис. 23) так, чтобы они касались друг друга. Отклонив один из крайних шаров на 15—20 см, отпускаем его. После упругого удара остальные пять шаров, очевидно, должны прийти в движение в направлении движения отклоняемого шара. Опыт же показывает, что после упругого удара отскакивает один шар с противоположного конца цепочки шаров, а все остальные, в том числе и ударяющий, остаются на месте. Почему?

88. Шарик массой  $m$ , укрепленный на невесомом стержне, вращается с постоянной линейной скоростью  $V$  в горизонтальной плоскости (рис. 24). Его кинетическая энергия в системе координат, неподвижной относительно оси вращения, постоянна и равна  $\frac{mV^2}{2}$ .

По отношению к системе отсчета, движущейся в горизонтальной плоскости прямолинейно со скоростью  $V$  относительно оси, кинетическая энергия меняется с течением времени от нуля до  $4 \frac{mV^2}{2}$ . Какая причина вызывает это изменение энергии?

89. Потенциальная энергия тела, поднятого над Землей, пропорциональна высоте подъема. Если же для выражения веса воспользоваться законом всемирного тяготения Ньютона, то потенциальная энергия оказывается обратно пропорциональной расстоянию между телами. Как согласовать эти результаты?

90. Автомобиль, у которого все колеса ведущие, равномерно движется по прямолинейной горизонтальной дороге. Пусть все колеса находятся в одинаковых условиях,

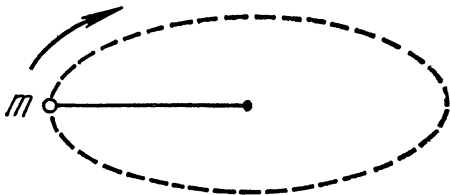


Рис. 24

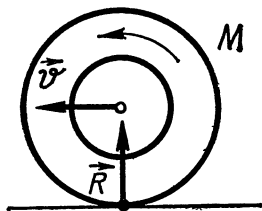


Рис. 25

т. е. на каждое из них приходится одинаковая нагрузка и к каждому подводится одинаковая мощность. Тогда, если  $\vec{F}$  — горизонтальная сила, действующая со стороны дороги на каждое колесо, то  $4\vec{F} = m\vec{a}$ , где  $m$  — масса автомобиля,  $\vec{a}$  — его ускорение (сопротивлением воздуха пренебрегаем). Но так как автомобиль движется равномерно, то  $\vec{a} = 0$ . Однако, с другой стороны, сила  $4\vec{F}$  — сила тяги, и поэтому  $4|\vec{F}| \cdot |\vec{v}| = N$ , где  $N$  — мощность автомобиля, а  $\vec{v}$  — его скорость. Следовательно,  $|\vec{F}| = \frac{N}{4|\vec{v}|}$ ,

т. е.  $\vec{F} \neq 0$ ,

Кроме того, если  $\vec{F} \neq 0$ , то сила  $\vec{R}$  (рис. 25), действующая на колесо со стороны дороги, вертикальна и не создает вращающего момента относительно центра колеса. Но так как к колесу приложен вращающий момент  $M$  со стороны двигателя, то оно должно вращаться ускоренно, а это противоречит тому, что автомобиль движется равномерно.

Какое из рассуждений справедливо?

## 6. Движение жидкостей и газов

**91.** Пусть в сосуде, находящемся на высоте  $h = 980$  см, поддерживается постоянным уровень воды высотой 1 см.

В дне этого сосуда сделано отверстие с поперечным сечением  $1 \text{ см}^2$ . В отверстие может быть вставлена вертикальная трубка высотой  $h = 980$  см. Рассчитаем время, в течение которого  $1 \text{ см}^3$  воды будет протекать через трубку (рис. 26, *а*) и без трубки (рис. 26, *б*). Предполагаем, что течение воды через эту трубку установившееся и происходит без трения.

По формулам  $h = \frac{gt^2}{2}$  и  $v = gt$  найдем, что  $t \approx 1,4$  с и  $v \approx 1380$  см/с. С другой стороны, весь столб воды высотой  $h = 980$  см будет протекать через трубку за время  $t_1 = \frac{h}{v} = \frac{980 \text{ см}}{1380 \text{ см/с}} \approx 0,7$  с. Отсюда следует, что  $1 \text{ см}^3$  воды будет пробегать расстояние 980 см через трубку за время в два раза меньшее, чем без трубки. Как объяснить это расхождение?

**92.** Если в открытый сосуд налить поверх воды слой масла такой же высоты  $h$ , то чему будет равна скорость вытекания воды? Казалось бы, что она должна быть равна

$$v = \sqrt{2g \cdot 2h}.$$

Но это не так. Почему?

**93.** В дне широкого сосуда имеется узкая труба, по которой вода, заполняющая сосуд, может вытекать (рис. 27). Между сосудом и трубой помещена сетка. Если легкий шарик погрузить на дно сосуда в момент, когда вода из него вытекает, то шарик не всплывает. Как только вода перестанет вытекать из трубы, шарик немедленно всплывет. Почему?

**94.** Чтобы открыть водопроводный кран, достаточно повернуть немного ручку, побежит тонкая струйка воды. Если нужно открыть его на «полную мощность», то при-

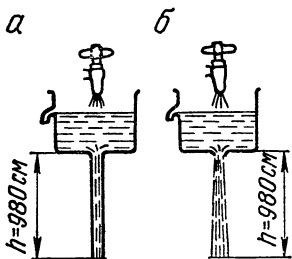


Рис. 26

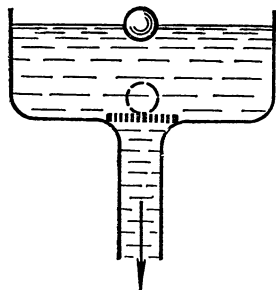


Рис. 27

ходиться делать несколько оборотов. Нельзя ли сделать проще, поставив кран типа самоварного? Поворот на пол-оборота — и кран открыт полностью. Почему совершенно недопустимо такое рационализаторское предложение?

**95.** Гидродинамический парадокс заключается в том, что тело, движущееся равномерно и поступательно в вязкой жидкости, не встречает со стороны жидкости никакого сопротивления (рис. 28). В жидкостях, обладающих трением, такое явление, конечно, не может иметь места.

Однако опыт показывает, что при больших скоростях сопротивление велико не только в жидкостях, но и в газах. Как это объяснить?

**96.** Поместим на дно кастрюли с водой горошины или пластилиновые шарики и придадим воде вращательное движение, размешав ее ложкой. Большая центробежная сила должна, вероятно, отбросить шарики к краям кастрюли, но оказывается, что они вращаются вблизи ее центра, а когда останавливаются, собираются здесь же кучкой. В чем причина этого странного явления?

**97.** Одним изобретателем предложен следующий проект вечного двигателя. Герметический сосуд разделен на две половины герметической перегородкой, сквозь кото-

рую пропущена трубка и водяная турбина особого устройства (рис. 29). Турбина имеет камеры с автоматически закрывающимися и открывающимися крышками. Давление в нижней части сосуда больше, чем давление в верхней части. Вода поднимается по трубке, наполняя открытую камеру турбины. После этого камера закрывается и колесо поворачивается. В нижней части сосуда камера автоматически открывается, возвращая воду. После этого камера герметически закрывается и т. д. Почему данная машина не будет работать вечно?

98. Установлено, что силовое воздействие будет одно и то же, движется ли тело относительно неподвижной среды или среда движется с той же скоростью относительно тела. Однако если поместить пластинку в канал (рис. 30, а), вода в котором течет с определенной скоростью  $\vec{v}$ , и измерить силу сопротивления пластинки  $\vec{F}_1$ , то она будет больше силы  $\vec{F}_2$ , которая необходима для того, чтобы двигать со скоростью  $\vec{v}$  ту же пластинку, но в канале со стоячей водой (рис. 30, б). Эти экспериментальные результаты находятся в полном противоречии с вышеуказанным предположением. В чем же тут дело?

99. Зимой в ветреную погоду участки железных или

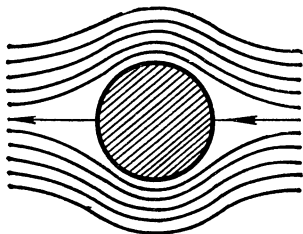


Рис. 28.

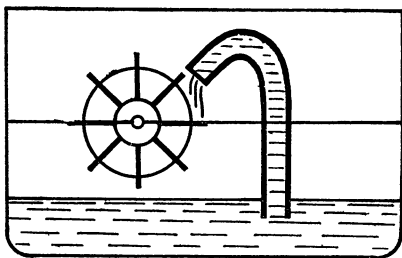


Рис. 29

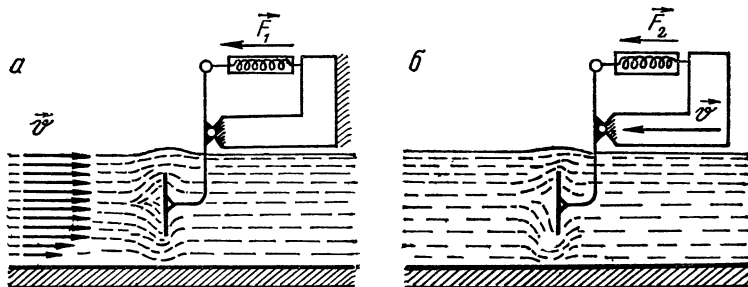


Рис. 30

шосейных дорог, проходящие в ложбинах, заносятся снегом, даже если нет снегопада. Почему это происходит?

**100.** Возьмите воронку, держите ее на некотором расстоянии от пламени свечи (рис. 31) и дуйте изо всех сил: пламя не шелохнется. Если даже приблизить воронку к самому пламени, то оно не погаснет, а отклонится в ее сторону. Чтобы потушить пламя, нужно держать воронку так, чтобы нижний или верхний край раструба приходился точно против пламени. Почему?

**101.** В широкое горлышко пустой бутылки, расположенной горизонтально, помещают легкую пробку (рис. 32). Кажется бы, что если дуть на пробку, то ее можно загнать в горлышко бутылки. В действительности же получается наоборот: пробка вылетает из бутылки, и тем быстрее, чем сильнее струя воздуха. Как объяснить это явление?

**102.** Если направить струю воздуха через трубку, расположенную перпендикулярно пластинке (рис. 33), то струя, встретив препятствие, будет давить на пластинку. Под действием этой силы пластинка переместится вниз на определенное расстояние. Теперь изменим прибор следующим образом: возьмем две пластинки, в одной из них сделаем отверстие и вставим в него трубку. Дру-

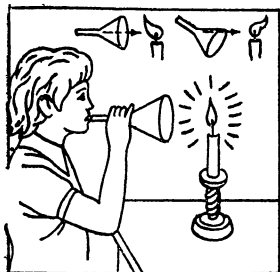


Рис. 31

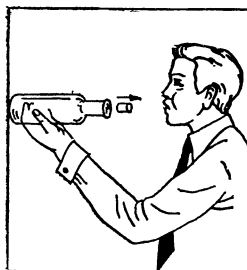


Рис. 32

гую же пластинку прикрепим параллельно первой таким образом, чтобы расстояние между ними могло изменяться (рис. 34).

Если расстояние между пластинками значительно, то при продувании струи воздуха через трубку нижняя пластинка отталкивается от верхней. При малом расстоянии между пластинками нижняя, наоборот, притягивается к верхней и приходится применить довольно большую силу, чтобы оторвать их друг от друга. Объясните это явление.

**103.** Кажется бы, что во время движения автомобиля воздух в шине должен двигаться вместе с колесом в одну

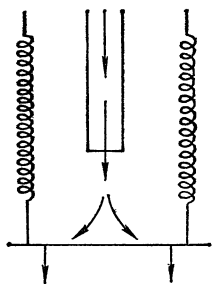


Рис. 33

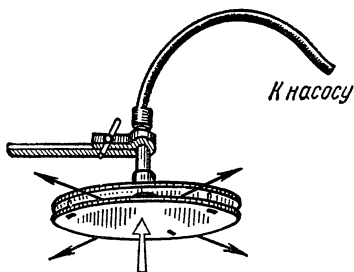


Рис. 34

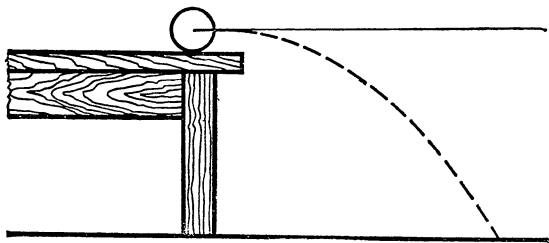


Рис. 35

и ту же сторону. В действительности это не так, Почему?

104. При бросании цилиндра массой 30—35 г вдоль горизонтальной линии он отклоняется вниз от первоначального направления движения под действием силы тяжести (рис. 35). Если сообщить цилиндру в момент бросания вращательное движение против часовой стрелки (рис. 36), то, как ни странно, цилиндр отклоняется вверх от первоначальной траектории движения (рис. 36, пунктирная линия).

Почему цилиндр, которому сообщено в момент бросания вращательное движение против часовой стрелки, отклоняется вверх от первоначального направления движения?

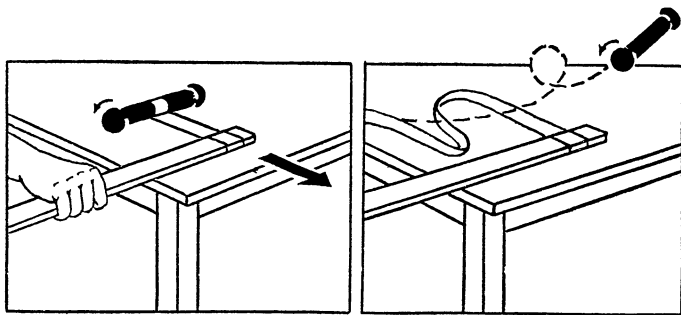


Рис. 36

**105.** Плавающее тело вытесняет объем воды, равный его весу. Почему же тяжелый торпедный катер мчится почти не погружаясь в воду?

## Молекулярная физика

### 7. Тепловое расширение

**106.** Сосуд с керосином уравновешен на чашке чувствительных рычажных весов. Керосин нагревают на несколько десятков градусов. Казалось бы, при этом равновесие весов не должно нарушиться, так как масса керосина не изменилась. Почему же весы показывают уменьшение веса?

**107.** Если в комнате окно имеет щель, то из нее сильно дует. Однако зимой мы чувствуем, как дует от окна, рама которого закрыта так плотно, что наружный воздух не может проходить сквозь щели. Почему все же дует от закрытого окна?

**108.** Зажженное пламя всегда должно было бы погаснуть само собой, так как продуктами горения являются углекислый газ и водяной пар — вещества негорючие, неспособные поддерживать горение. Следовательно, пламя с первого же момента горения окружено негорючими веществами, которые мешают притоку воздуха, а без воздуха горение продолжаться не может и пламя должно погаснуть. Почему же этого не наблюдается в действительности?

**109.** Мыльные пузыри, наполненные воздухом, некоторое время поднимаются, потом опускаются на землю. Чем это объясняется?

**110.** Воздух при нагревании расширяется. Почему же тогда пузырек воздуха в приборе, называемом уровнем, в жаркое время становится меньше, а в холодное — больше?

## 8. Кинетическая теория газов

111. Почему скоростные самолеты летают, как правило, на большой высоте?

112. Если будущие космонавты прилетят на Марс во время дождя, то им придется укрываться от него под стальными зонтами, так как обычный матерчатый зонтик будет слишком ненадежной защитой. Чем это объясняется?

113. Известно, что влажные тела или предметы бывают более тяжелыми, чем такие же сухие. Объясняется это тем, что к собственному весу тела прибавляется еще и вес влаги. Однако если взвесить на точных весах литр сухого воздуха, а затем влажного, то окажется, что влажный воздух легче сухого. Как это объяснить?

## 9. Теплота и работа

114. Поезд идет со скоростью  $u$ . Пуля, летящая со скоростью  $v$ , догоняет поезд и застревает в стенке заднего вагона. Нужно найти энергию, выделившуюся при ударе в виде тепла.

Решая эту задачу, учащийся рассуждал так: до удара кинетическая энергия пули была равна  $\frac{mv^2}{2}$ , а после удара стала равной  $\frac{mu^2}{2}$ . Значит, потерянная ею энергия равна  $\frac{m(v^2 - u^2)}{2}$  и, следовательно, таково же количество тепла, выделившегося при ударе. Другой же учащийся считал, что, поскольку скорость пули относительно поезда равна  $v - u$ , то энергия, выделившаяся в виде тепла, равна  $\frac{m(v - u)^2}{2}$ .

Кто из них прав?

115. Чтобы улучшить горение каменного угля в топке, его обливают водой. Почему?

**116.** Известно, что струя воздуха, идущая от вентилятора, приносит летом прохладную свежесть. Попробуем таким способом сохранить подольше в твердом виде мороженое. Казалось бы, вблизи вентилятора оно не должно быстро таять. В действительности происходит как раз наоборот. В чем же здесь дело?

**117.** Как известно, железо имеет большую удельную теплоемкость, чем медь. Следовательно, жало паяльника, изготовленное из железа, обладало бы большим запасом внутренней энергии, чем такое же жало из меди, при равенстве их масс и температур. Почему, несмотря на это, жало паяльника делают из меди?

**118.** Человек, находясь на улице в сильный мороз, старается больше двигаться, чтобы не замерзнуть. Почему же тогда птицы чаще замерзают на лету?

**119.** Известно, что теплопроводность металла значительно больше теплопроводности стекла. Почему же тогда калориметры делают из металла, а не из стекла?

**120.** Почему холодный металл на ощупь кажется холоднее холодного дерева, а горячий металл — горячее горячего дерева? При какой температуре и металл и дерево будут казаться на ощупь одинаково нагретыми?

**121.** Вы собрались завтракать и налили в стакан кофе. Но вас просят отлучиться на несколько минут. Что надо сделать, чтобы к вашему возвращению кофе был горячим: налить в него молоко сразу перед уходом или тогда, когда вы вернетесь?

**122.** После заполнения водохранилища в некоторых местах оказались под водой остатки каменных построек. Почему лед над такими постройками менее прочен, чем в других местах водохранилища?

**123.** Русский физик Рихман, желая сравнить теплопроводность различных металлов, нагревал до одинаковой температуры металлические шарики одинаковых размеров и наблюдал быстроту их остывания. Наиболее быстро остывал свинцовый шарик. Можно ли отсюда

сделать вывод, что свинец обладает большей теплопроводностью, чем другие металлы?

**124.** В тихую погоду мороз переносится лучше, чем в ветреную. Ветер усиливает испарение кожи и охлаждает ее. Следовательно, и в пустыне в жару ветер должен приносить прохладу. Опыт же показывает, что в жарких пустынях при ветре людям становится жарче. Почему?

**125.** Известно, что ожог кожи наступает при соприкосновении ее со средой, имеющей достаточно высокую температуру. Так, если поместить руку на некоторое время в воду с температурой  $55\text{--}60^\circ\text{C}$ , то можно получить опасные ожоги. Почему же на воздухе человек может безболезненно переносить жару в  $50\text{--}60^\circ\text{C}$  и не получает при этом ожогов?

**126.** В закрытом со всех сторон сосуде находится неидеальный газ, молекулы которого при ударах о стенки передают им часть кинетической энергии. В результате этого, очевидно, сосуд будет нагреваться, если считать, что он теплоизолирован от окружающей среды. Так ли это?

## **10. Молекулярные свойства жидкости**

**127.** Почему падающая вниз струя воды всегда разрывается на капли? Нельзя ли, устранив возможные сотрясения и пустив воду в вакууме, неограниченно увеличивать длину сплошной струи?

**128.** Молекулярное давление воды равно  $1,1 \cdot 10^9$  Па. Почему, находясь под водой, мы не чувствуем этого огромного давления?

**129.** Известно, что песок в три раза тяжелее воды. Почему же тогда сравнительно слабый ветер поднимает в пустынях тучи тяжелого песка, в то время как сильнейший ураган на море вздымает гораздо меньше водяных брызг?

**130.** Налейте в сосуд воду и бросьте туда несколько одинаковых пробок — все они будут плавать на боку.

Заставить их плавать в вертикальном положении можно следующим образом: плотно прижав пробки друг к другу, погрузить их глубоко в воду. Затем, продолжая держать пробки рукой, приподнимите их до поверхности воды и отпустите руку. Пробки будут плавать в вертикальном положении. Почему?

**131.** Известно, что плотность стекла меньше плотности ртути. Вот почему стеклянная пластинка, опущенная в банку со ртутью, не тонет. Но если в сосуд сначала положить пластинку, а потом налить ртуть, то стекло не всплывет. Почему?

**132.** В сосуд с водой опустите кусочек папиросной бумаги так, чтобы он лег на воду. Затем положите на плавающую папиросную бумагу небольшую иголку. Через некоторое время бумага потонет, а иголка будет свободно держаться на воде. Но ведь кусочек бумаги имеет меньшую плотность, чем вода, а стальная иголка — большую. В чем здесь дело?

**133.** Бросьте два кусочка пробки в какой-либо сосуд с водой на расстоянии 10—12 мм друг от друга, и они притянутся. Почему? Ведь пробка не обладает магнитными свойствами.

**134.** Налейте в таз или в миску воду и бросьте туда 8—10 спичек. Возьмите кусочек сахара и прикоснитесь им к поверхности воды (рис. 37). Все спички соберутся вокруг сахара. Вслед за этим сделайте другой опыт: прикоснитесь к поверхности воды мылом, и спички «разбегутся» в разные стороны. Чем это можно объяснить?

**135.** Капиллярные давления в основном обусловлены тем, что благодаря действию сил поверхностного натяжения давление внутри жидкости может отличаться на некоторую величину от внешнего давления газа или пара над поверхностью жидкости. Так, пользуясь свойствами капилляров, можно, очевидно, осуществить вечное движение.

Погрузив в сосуд с водой достаточно тонкую изогну-

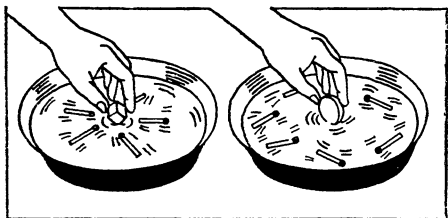


Рис. 37.

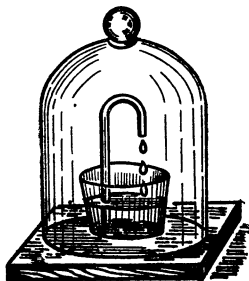


Рис. 38

тую капиллярную трубку, мы сможем заставить воду подняться до изгиба, а затем под действием тяжести она потечет по нисходящей ветви и по каплям будет стекать в сосуд. Для устранения испарения воды поместим весь прибор под колпак (рис. 38). Этот процесс протекал бы неопределенно долго. Энергию падающей жидкости можно использовать, поставив на пути падающих капель турбинку с изогнутыми рабочими лопатками. В чем ошибочность наших рассуждений?

## 11. Изменение агрегатного состояния вещества

**136.** Вода замерзает при температуре  $0^{\circ}\text{C}$ , превращение льда в воду также происходит при  $0^{\circ}\text{C}$ . Следовательно, если в сосуд с водой при  $0^{\circ}\text{C}$  опустить кусок льда при той же температуре, то должно было бы произойти или замерзание воды, или таяние льда. Однако не происходит ни того ни другого. Почему?

**137.** Сосульки образуются при замерзании воды, стекающей с крыши при таянии снега. Но для того чтобы растаял снег, температура должна быть выше нуля, а для того чтобы вода замерзла,— ниже. Как это согласовать?

**138.** Если зимой идет дождь, то капли воды, летящие в воздухе, находятся при температуре ниже нуля и должны были бы замерзнуть. В действительности они моментально превращаются в лед, только упав на землю. Чем это объясняется?

**139.** Возьмем два широких деревянных сосуда; один с холодной водой, другой с таким же количеством горячей воды и выставим их зимой на улицу. В каком из них вода замерзнет раньше? Конечно, в холодном сосуде, скажете вы. Ведь пока горячая вода остынет до температуры холодной, последняя уже начнет замерзать. В действительности горячая вода замерзнет быстрее холодной. Как же это объяснить?

**140.** Осенью иногда рано выпадает снег и несколько дней держится мороз один, два градуса. Но когда наступает потепление, многие растения оказываются живыми, зеленеют и даже цветут. Как им удается устоять?

**141.** Известно, что рыхлый снег хорошо предохраняет почву от промерзания, потому что в нем заключено много воздуха, который является плохим проводником тепла. Но ведь и к почве, не покрытой снегом, прилегают слои воздуха. Отчего же в таком случае она сильно промерзает?

**142.** Атмосферный воздух представляет смесь различных газов и водяного пара. Количество водяного пара, содержащегося в одном кубическом метре воздуха (при прочих равных условиях), возрастает с понижением температуры. При более низких температурах может выпасть большее количество воды в виде росы (или изморози), чем при более высоких температурах.

Температура воздуха зимой на улице ниже, чем в комнате. Однако в некоторых старых помещениях кирпичные стены обмерзают со стороны комнаты, а не с улицы. Как объяснить такое противоречие? Почему иней редко появляется на стенах деревянных домов?

**143.** В один из жарких июньских дней мне пришлось



Рис. 39

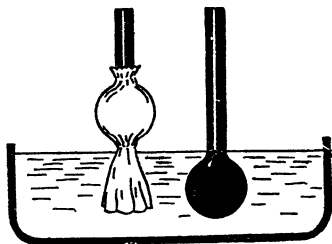


Рис. 40

быть на Кавказе в гостях у друга. Мы сидели за столиком под развесистым каштаном. К нам подошел мальчик, сын хозяина. Он держал в руках закрытый металлический кувшин с квасом.

— Почему ты налил только половину кувшина? — спросил отец.

— В подвале темно, — оправдывался сын.

Как мог узнать хозяин, сколько кваса в кувшине?

**144.** Если из сосуда, в котором кипит вода, быстро вылить воду, а затем впустить в него несколько капель холодной воды, то эти капли быстро превратятся в пар. Если же теперь раскалить докрасна металлическую чашку с гладкой блестящей внутренней поверхностью, изготовленную, например, из небольшой, хорошо проводящей теплоту пластинки, то, вероятно, капли еще скорее с шипением испарятся. Но как ни странно, вместо того чтобы сразу превратиться в пар, вода остается в чашке в форме сплющенного шара (рис. 39) в течение нескольких минут, пока, наконец, медленно не испарится. Объясните это явление.

**145.** Как известно, вода имеет гораздо большую теплоту парообразования, чем спирт. Следовательно, налитая на руку вода, испаряясь, должна сильнее охлаждать руку, чем налитый на руку спирт. В действительности происходит наоборот. В чем здесь дело?

**146.** Обычно при похолодании воздуха образование облаков усиливается. Почему же в хорошую погоду облака «тают» к вечеру, хотя в это время становится холоднее?

**147.** Температура предмета, погруженного в холодную воду, казалось бы, должна быть такой же, как и температура предмета, лишь смачиваемого водой той же температуры. На рисунке 40 изображено два термометра, один из которых погружен в воду, другой находится над водой, но остается влажным, так как его шарик обернут марлей, погруженной в ту же воду.

Почему же погруженный в воду термометр покажет всегда более высокую температуру?

**148.** Из-за большой теплоемкости вода прогревается медленнее воздуха, поэтому даже в жаркий летний день вода в пруду холоднее воздуха. Почему же тогда после купания вода кажется теплее воздуха?

**149.** Известно, что при нормальном атмосферном давлении вода закипает при температуре  $100^{\circ}\text{C}$ . Опустим в кипящую воду сосуд с водой. Вода в нем нагревается до  $100^{\circ}\text{C}$ . Теперь она должна закипеть, но увы... Как долго бы мы ни ждали, этого не произойдет. Почему?

**150.** В две одинаковые кастрюли налито равное количество воды при одной и той же температуре, но в одну из них — сырая вода, в другую — кипяченая. Если поставить обе кастрюли на огонь одинаковой силы, то в какой из них вода закипит быстрее?

**151.** Если в чайнике довести воду до кипения, а затем сделать огонь более сильным, то вода будет кипеть интенсивнее, то есть увеличится количество образующегося пара, который струйкой выбивается из-под крышки. Стоит выключить горелку, как из чайника вырывается более сильная струя пара. Отчего это происходит?

**152.** Как известно, температура кипения воды зависит от давления. Возьмем два сосуда с водой и поставим на огонь. В одном из них поверхность внутри гладкая, в

другом — шероховатая. Вода в сосудах, по-видимому, закипит при одинаковой температуре, так как давление в обоих одинаковое. В действительности это не так. В шероховатом сосуде вода закипает при более низкой температуре. Почему?

153. Можно ли на Марсе сварить яйцо вкрутую?

154. Всегда ли температура плавления совпадает с температурой отвердевания того же вещества?

155. Известно, что с повышением давления температура таяния льда понижается. В этом можно убедиться на простом опыте. Если на брусок из льда повесить проволоку с грузом, то лед под ней начнет таять и проволока, врезаясь в лед, будет опускаться, причем вода, образовавшаяся из растаявшего льда, сразу же замерзает выше проволоки. Так проволока пройдет через весь брусок, и он останется целым. Однако если лед на том месте, где на нем лежит проволока, посыпать солью, которая понижает температуру таяния льда, то, вместо того чтобы скорее пройти через ледяной брусок, проволока за то же время очень мало врежется в лед, хотя его и растает около проволоки гораздо больше, чем в первом случае. Чем объяснить это странное явление?

156. Мокрый предмет замерзает на морозе сильнее, а между тем, когда начинаются морозы, влажная почва обычно промерзает вглубь меньше, чем сухая. В чем здесь дело?

157. Давление лезвий коньков не может заставить таять лед при десятиградусном морозе. И все же конькобежец скользит по тончайшей пленке воды. Почему?

158. Почему шар, выточенный из монокристалла, при нагревании может изменить не только свой объем, но и форму?

159. Почему кристалл поваренной соли от удара по нему молотком раскалывается на куски разного размера, но имеющие всегда форму параллелепипеда с прямыми углами?

**160.** Аморфное тело, как и жидкость, изотропно, т. е. свойства его во всех направлениях одинаковы. В отличие от аморфных тел кристаллы анизотропны, то есть физические свойства их (упругие, механические, тепловые, электрические, магнитные, оптические и другие) будут различными по различным направлениям. Затвердевший металл представляет собой совокупность большого числа сцепленных друг с другом мелких кристалликов. Значит ли это, что свойства такого поликристаллического тела будут различными по всем направлениям?

**161.** Почему металлы с мелкозернистой структурой прочнее металлов с крупнозернистой?

## 12. Тепловые машины

**162.** Всегда ли верно утверждение, что при охлаждении тело выделяет то количество теплоты, которое пошло на его нагревание?

**163.** Для чего необходим перегрев пара в котлах паровозов?

**164.** Чем больше сжимается горючая смесь в цилиндре карбюраторного двигателя, тем больше его мощность. Однако на практике объем горючей смеси уменьшают только в 7—8 раз. Чем это объяснить?

**165.** Французский инженер и ученый Карно вычислил максимально возможный КПД тепловой машины, работающей с нагревателем температуры  $T_1$  и холодильником температуры  $T_2$ :

$$\eta_{\text{макс}} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}.$$

Формула показывает, что КПД тепловой машины тем больше, чем выше температура нагревателя и ниже температура холодильника.

Автомобиль является тепловой машиной. Нагревателем служат образующиеся при сгорании горючей смеси

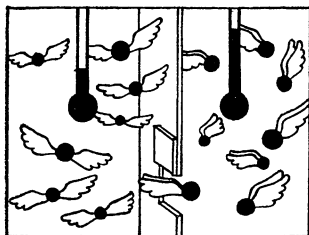


Рис. 41

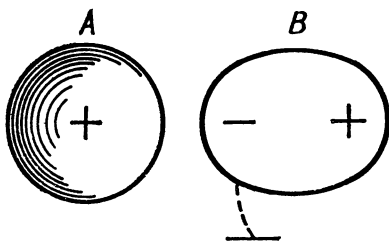


Рис. 42

газы, а холодильником — атмосфера, причем температура образующихся при сгорании горючей смеси газов практически одинакова и зимой и летом. Так почему же автомобиль зимой потребляет больше бензина, чем летом? Ведь температура атмосферы зимой ниже, чем летом.

**166.** В воздухе, наполняющем комнату, рассуждал английский физик Максвелл, при любой температуре есть молекулы, движущиеся и быстро и медленно. (На рисунке 41 шарики разных размеров изображают молекулы различных газов, у быстрых молекул крылья направлены назад, у медленных — раскинуты в стороны.) Разделим комнату перегородкой, снабженной дверцей, и предположим, что у этой дверцы станет робот, способный различать быстрые и медленные молекулы. Если теперь открывать дверцу в тот момент, когда к ней подлетают быстрые молекулы, и закрывать путь медленным молекулам, то через некоторое время все быстрые молекулы окажутся в одной части комнаты. Следовательно, температура воздуха в комнате по обе стороны перегородки окажется неодинаковой. Там же, где имеется разность температур, может происходить превращение тепла в механическую работу. Значит, в данном случае может быть построен вечный двигатель. Как же это согласуется с действительностью?

# Основы электродинамики

## 13. Электростатика

167. Иногда говорят, что силовые линии — это траектории, по которым двигался бы положительный заряд, внесенный в электрическое поле. Правильно ли это утверждение?

168. Положительно заряженный шар  $A$  индуцировал заряды на незаряженном проводнике  $B$  (рис. 42). После этого проводник  $B$  соединили с землей, как показано на рисунке пунктиром. Можно ли таким путем зарядить проводник  $B$  положительно?

169. Можно ли на концах стеклянной и медной палочек получить одновременно два разноименных заряда?

170. Если два проводника  $A$  и  $B$ , из которых один ( $A$ ) заряжен, а другой ( $B$ ) нет, соединить проволокой, то заряды станут перетекать с одного на другой. Можно ли, не прибегая к помощи других проводников, добиться того, чтобы перетекание не происходило?

171. Представьте себе, что к внутренней поверхности металлической сферы (в сфере есть отверстие) подносят маленький шарик, несущий заряд электричества  $q$ . При соприкосновении шарика со сферой заряд  $q$  перейдет на сферу и распределится по ее внешней поверхности. Процесс переноса заряда  $q$  на сферу можно повторять много раз. В результате потенциал сферы  $\varphi_1$  станет больше потенциала шарика

$$\varphi = \frac{q}{4\pi \epsilon_0 \epsilon r},$$

где  $\epsilon_0$  — электрическая постоянная,  $\epsilon$  — диэлектрическая проницаемость,  $r$  — радиус шарика.

Получается, что при соприкосновении шарика со сферой положительный заряд переходит от меньшего потенциала к большему. Но это, как известно, невозможно.

Найдите ошибку в рассуждении,

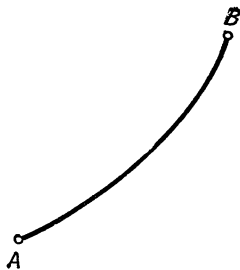


Рис. 43

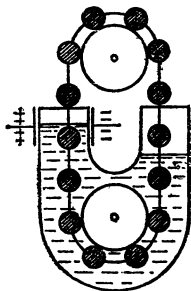


Рис. 44

**172.** В электрическом поле потенциал точки *A* выше потенциала точки *B* (рис. 43). Однако если поместить в это поле проводник *AB*, то ток по нему идти не будет. Почему?

**173.** Поверхность резинового шара, помещенного на изолированную подставку, покроем проводящим слоем мыльного раствора. Если теперь, зарядив шар, соединить его с электрометром, то стрелка отклонится на некоторый угол. Увеличивая размеры шара, мы заметим уменьшение угла отклонения стрелки от стержня, хотя заряд шара не меняется. Следует ли из этих рассуждений, что потенциал проводника, заряженного одним и тем же зарядом, может принимать различные значения?

**174.** Предложен следующий проект вечного двигателя (рис. 44). В сообщающиеся сосуды налит керосин. Одно колено сосуда помещено в сильное электрическое 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. Подъемная сила, действующая на шарики, будет больше в левом колене, чем в правом, поскольку в левом колене больше шариков погружено в керосин. Цепочка вследствие этого,

по мысли изобретателя, должна начать вращаться по часовой стрелке. Почему в действительности вращение не возникает?

175. Предположим, что двум шарам — большому и малому — сообщили одинаковый заряд электричества. Очевидно, электроемкость большого шара будет значительно больше электроемкости малого. Следовательно, по формуле  $\varphi = \frac{q}{c}$  потенциал малого шара будет больше по-

тенциала большого шара. Но работа прямо пропорциональна потенциалу. Значит, малый шар произведет большую работу, чем большой, отталкивая один и тот же маленький шарик, заряженный одноименным электричеством. Заряды на большом и малом шарах одинаковы, следовательно, по закону Кулона и силы взаимодействия между каждым из этих шаров и маленьким шариком тоже одинаковы. Как же равные силы могут произвести неравные работы?

176. Всегда ли между проводником, заряженным положительно, и проводником, заряженным отрицательно, имеется разность потенциалов?

177. Могут ли существовать токи, текущие от более низкого потенциала к более высокому?

178. Плоский воздушный конденсатор зарядили и отключили от батареи. Сила притяжения между пластинами не изменится, если их несколько сблизить. Не противоречит ли это закону Кулона, который утверждает, что сила взаимодействия между зарядами обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними?

179. Напряженность электростатического поля численно равна силе, действующей на единицу заряда, помещенного в это поле. Тогда если напряженность поля плоского воздушного конденсатора  $E$ , а заряд пластин  $q$ , то сила, действующая на каждую из пластин, равна  $qE$ . Так ли это?

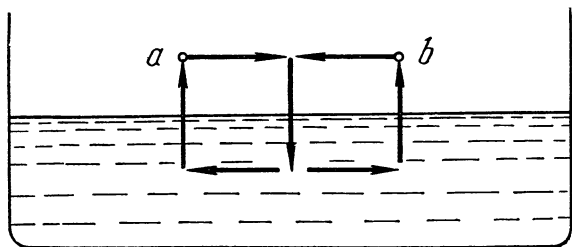


Рис. 45

**180.** Как известно, согласно закону Кулона сила взаимодействия между двумя электрическими зарядами меньше в воде, чем в воздухе. Казалось бы, этим можно воспользоваться для создания вечного двигателя следующим образом: взяв два разноименных заряда в точках  $a$  и  $b$  (рис. 45), сблизить их в воздухе, одновременно опустить в воду, раздвинуть под водой, затем одновременно поднять в воздух в прежнее положение и далее повторять весь процесс сначала. При этом работа, полученная при сближении, больше той, которая затрачивается при раздвигании, так как силы электрического взаимодействия в воздухе больше, чем в воде. Укажите ошибку в рассуждениях.

**181.** Если зарядить конденсатор, присоединив его к батарее аккумуляторов, то он будет обладать энергией  $W = \frac{1}{2} qU = \frac{1}{2} q \mathcal{E}$ , где  $q$  — заряд конденсатора,  $U$  — напряжение на обкладках,  $\mathcal{E}$  — ЭДС батареи.

Работа, совершенная батареей,  $A = q \mathcal{E}$ . Следовательно,  $A = 2W$ . Куда же делась половина энергии, отданная батареей?

**182.** Плоский воздушный конденсатор присоединен обкладками к аккумулятору. Чтобы уменьшить напряженность поля в конденсаторе, поместим его в непрово-

дующую жидкость с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$ . Правильно ли мы поступили?

183. Возьмем плоский конденсатор и зарядим его пластины одинаковым по величине и противоположным по знаку зарядом  $|q|$ . Почти все электрическое поле будет сосредоточено внутри конденсатора. Энергия такого конденсатора  $W_p = \frac{q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2}$  остается постоянной. Электрон, попав в электрическое поле конденсатора, будет ускоряться. Следовательно, он приобретает кинетическую энергию. Откуда же взялась дополнительная энергия у электрона?

184. Емкость плоского воздушного конденсатора тем больше, чем меньше расстояние между его обкладками. Тогда ее можно сделать равной нулю, если раздвинуть обкладки бесконечно далеко. Правильно ли такое суждение?

185. Наэлектризованная эбонитовая или стеклянная палочка притягивает маленькие кусочки бумаги. Почему же кусочки бумаги не притягиваются к клеммам аккумулятора или батарейки карманного фонаря?

186. Из электростатики известно, что все точки проводника должны иметь одинаковый потенциал. Почему же тогда между цинковой и медной пластинами в элементе Вольта возникает разность потенциалов? Ведь пластины и находящийся между ними раствор серной кислоты — проводники.

## 14. Постоянный электрический ток

187. Носителями тока в металлах служат электроны, которые движутся под действием электрического поля напряженностью  $\vec{E}$ . Оно действует на электроны с силой  $\vec{F} = e\vec{E}$ . Почему же электроны не движутся равноускоренно?

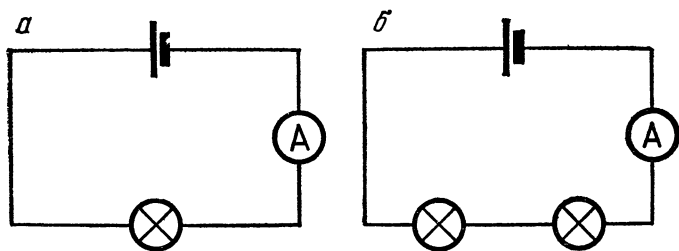


Рис. 46

**188.** Постоянный электрический ток в проводниках представляет собой направленное движение свободных электронов.

Электрический ток распространяется по проводам со скоростью, практически равной скорости света. Значит ли это, что свободные электроны в проводах движутся со скоростью света? Ведь если предположить, что это так, то движение электронов, которые сталкиваются с другими электронами, привело бы, безусловно, к очень быстрому нагреванию проводов линии передачи электрической энергии.

**189.** Пропустим ток одинаковой силы через провода равного сечения, но один провод «голый», а другой — «одетый» в изоляцию. Естественно предположить, что более нагретым окажется изолированный провод. В действительности получается наоборот. В чем дело?

**190.** Амперметр показывает силу тока  $0,1 \text{ A}$  (рис. 46, а). Если последовательно в цепь включить еще одну такую же лампочку (рис. 46, б), то, вероятно, сила тока в цепи будет везде одинакова. Ток, который пройдет через одну лампочку, пройдет и через другую. Следовательно, показания амперметра не изменятся. В действительности это не так. Какую величину тока будет показывать амперметр?

**191.** Известно, что вблизи поверхности Земли обнаруживается электростатическое поле, напряженность которого более  $100 \frac{\text{В}}{\text{м}}$ . Почему бы не получить с помощью этого поля постоянный электрический ток?

**192.** Имеется батарея, состоящая из шести последовательно соединенных элементов с ЭДС 2 В и внутренним сопротивлением 1,5 Ом каждый, и две спирали сопротивлением по 5 Ом каждая.

При последовательном включении спиралей в батарею сила электрического тока

$$I_1 = \frac{n\mathcal{E}}{nr + 2R} = \frac{12}{9 + 10} = \frac{12}{19} \text{ (А)}$$

и мощность во внешней цепи

$$P_1 = I_1^2 R_1 = \frac{144 \cdot 10}{361} \approx 4 \text{ (Вт)}.$$

В случае параллельного включения спиралей

$$I_2 = \frac{n\mathcal{E}}{nr + \frac{R}{2}} = \frac{12}{9 + 2,5} = \frac{12}{11,5} \text{ (А)}$$

и

$$P_2 = I_2^2 R_2 = \frac{144 \cdot 2,5}{(11,5)^2} \approx 2 \text{ (Вт)}.$$

Таким образом, при последовательном соединении спиралей во внешней цепи выделится большее количество теплоты. В действительности, для получения большего количества теплоты от городской электросети надо спирали двух плиток включать параллельно, а не последовательно. В чем дело?

**193.** У проводников постоянного сечения электрическое сопротивление  $R$  прямо пропорционально длине  $l$  и обратно пропорционально сечению  $S$ , так что

$$R = \rho \frac{l}{S},$$

где  $\rho$  — удельное сопротивление материала проводника. Поэтому, погрузив огромные электроды батареи в море, мы должны были бы получить ничтожное сопротивление, так как в этом случае имеем проводник с громадной площадью сечения. Следовательно, прокладка дорогостоящего подводного кабеля для телеграфного соединения материков, в сущности, стала бы излишней. Является ли такое рассуждение правильным?

**194.** Закон Джоуля — Ленца утверждает, что количество теплоты, выделяемое проводником с током, пропорционально сопротивлению проводника. Отсюда следует, что можно от ничтожно малого тока получать неограниченно большое количество теплоты, пользуясь огромными сопротивлениями. Тогда электрические грелки были бы самыми выгодными. В действительности это далеко не так. Почему?

**195.** Является ли работа, совершаемая источником тока во внутренней части цепи, величиной постоянной для данного источника? Ответ обосновать.

**196.** Из закона Ома для участка цепи

$$I = \frac{U}{R}$$

следует, что с увеличением напряжения  $U$  сила тока  $I$  в цепи возрастает ( $R = \text{const}$ ). Сопротивление  $R$  никогда не может быть отрицательным.

Особенность работы четырехэлектродной лампы в диатронном режиме заключается в том, что при увеличении анодного напряжения анодный ток лампы не возрастает, как это должно быть по закону Ома, а, наоборот, уменьшается. Это является признаком того, что действующее в цепи сопротивление является отрицательным. Как это положение согласовать с законом Ома?

**197.** Чем объяснить, что предохранители в радиоприемниках чаще всего перегорают при включении?

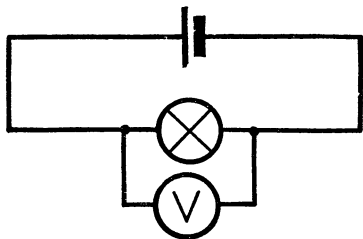


Рис. 47

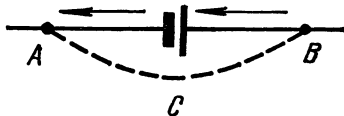


Рис. 48

**198.** Елочные гирлянды часто делают из лампочек для карманного фонаря. Лампочки соединяют последовательно, и тогда на каждую из них приходится очень малое напряжение, не более 3 В. Почему же опасно, выкрутив одну из лампочек, сунуть палец в патрон?

**199.** Если электрическую лампочку, рассчитанную на 220 В, включить в электрическую сеть напряжением 127 В, то мощность ее уменьшится в 3 раза. Ведь  $N = \frac{U^2}{R}$ . Следовательно,  $\frac{220^2}{127^2} = 3$ . Так ли это?

**200.** Почему при коротком замыкании напряжение на клеммах источника тока близко к нулю, ведь ток в цепи имеет наибольшее значение?

**201.** Известно, что электрические лампочки в трамвае рассчитаны на 127 В. Откуда же берется напряжение для питания этих лампочек, ведь в трамвайном проводе напряжение 600 В, а трансформировать постоянный ток нельзя?

**202.** Если перегорит лампочка в цепи (рис. 47), то, очевидно, вольтметр окажется включенным последовательно и будет показывать силу тока. Так ли это?

**203.** В некоторой цепи есть участок, изображенный на рисунке 48. Двое учеников обсуждали, как будет направлен ток на участке *ACB*, если соединить точки *A* и *B* про-

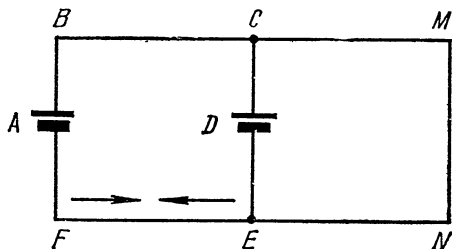


Рис. 49

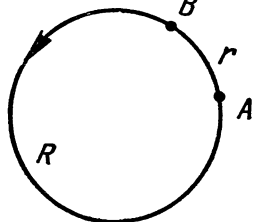


Рис. 50

водником, показанным пунктиром. Первый ученик сказал, что поскольку ток всегда идет от плюса к минусу, а плюс находится со стороны  $A$ , то на «пунктирном» участке ток пойдет в направлении  $ACB$ . Второй ученик сказал, что так как на основном участке ток идет от  $B$  к  $A$ , а в точке  $B$  цепь разветвляется, то на «пунктирном» участке ток будет идти в направлении  $BCA$ .

Кто из них прав?

**204.** Если в цепи  $ABCDEF A$  действуют равные и прямо противоположные ЭДС, то тока в цепи не будет (рис. 49). Значит, если нет тока в главной цепи  $ABCDEF A$ , то нет его и в ответвлении  $CMNEDC$ ,

С другой стороны, параллельное соединение элементов в батарею делается именно по схеме, изображенной на рисунке 49. Следовательно, можно сделать заключение, что при параллельном соединении элементов никакого тока получить нельзя. Но это не согласуется с действительностью.

**205.** По закону Джоуля — Ленца

$$Q = I^2 R t \text{ и } Q = \frac{U^2}{R} t.$$

Таким образом, допуская справедливость обеих формул, мы приходим к противоречию: количество тепла, выделяющееся в проводнике при прохождении по нему

электрического тока, одновременно и прямо пропорционально и обратно пропорционально сопротивлению участка цепи  $R$ !

**206.** Пусть по кольцевому проводнику (рис. 50) течет индукционный ток, направление которого указано стрелкой. Сопротивление меньшей части кольца между точками  $A$  и  $B$  равно  $r$ , сопротивление большей его части между теми же точками равно  $R$  и падение напряжения на меньшей части проводника в направлении от  $A$  к  $B$  в рассматриваемый момент времени равно  $U$ . При этих условиях сила тока на участке от  $A$  к  $B$  по закону Ома должна быть равна

$$I = \frac{U}{r}. \quad (1)$$

Поскольку ток во всех сечениях проводника должен быть одинаковым, а падение напряжения между теми же точками по длинному пути от  $B$  к  $A$  должно быть равно  $U$ , но с обратным знаком, то по закону Ома та же сила тока должна быть равна

$$I = -\frac{U}{R}. \quad (2)$$

Сопоставив соотношения (1) и (2), устанавливаем, что

$$r = -R.$$

Где же нами допущена ошибка?

**207.** Между нитью накала, испускающей электроны, и проводящим кольцом создана разность потенциалов (рис. 51). Электроны движутся ускоренно вдоль оси кольца (пунктирная прямая). При этом их кинетическая энергия увеличивается, в то время как батарея, создающая разность потенциалов  $U$ , не совершает работы, так как ток в цепи не идет. (Предполагается, что электроны не попадают на кольцо.) Как это согласовать с законом сохранения энергии?

**208.** Если в квартире включить мощный потребитель электрической энергии (плитку), то лампы накаливания

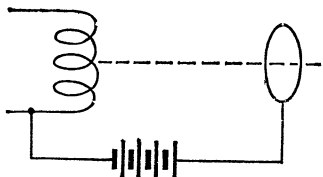


Рис. 51

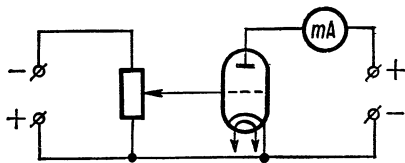


Рис. 52

в первый момент светят слабее, а затем немного ярче. Объясните наблюдаемое явление. Как бы оно протекало, если бы вместо плитки включили реостат из ламп с угольной нитью?

**209.** Чтобы часть энергии электрического тока превратилась в тепло, необходимо, чтобы ток встретил на своем пути сопротивление. Тепло в лампе между катодом и анодом не выделяется, потому что сопротивление равно нулю (движение электронов происходит без столкновения). Анодный ток, безусловно, течет через анод, который представляет собой определенное электрическое сопротивление. Анодный ток лампы 6ПЗС радиоприемника составляет около  $0,05\text{ A}$ , а  $R=0,01\text{ Ом}$ . Из формулы Джоуля — Ленца  $Q=I^2Rt$  следует, что на аноде выделится приблизительно такое количество теплоты, которое нужно для нагревания  $1\text{ см}^3$  воды на  $1^\circ\text{C}$ . Очевидно, что при этих условиях анод совершенно не нагреется. В действительности, аноды нагреваются очень сильно, иногда докрасна. Почему?

**210.** Представьте себе, что где-то недалеко от человека оборвался провод высокого напряжения и упал на землю. Тотчас же по земле во все стороны от места падения начнет распространяться ток большой величины. Казалось бы, естественно, что на сухой земле человек будет в большей безопасности, ведь мокрая земля лучше проводит электрический ток. В действительности происходит обратное. Почему?

## 15. Электрический ток в различных средах

211. Почему разноименные ионы в электролите объединяются в нейтральные молекулы? Что поддерживает электролитическую диссоциацию внутри электролита?

212. Если конденсатор, несущий на себе заряд  $Q$ , разрядить через электролитическую ванну с подкисленной водой, то выделится  $m$  граммов гремучего газа. По закону Фарадея масса вещества, выделяющегося на электроде при прохождении электрического тока, зависит только от заряда, перенесенного ионами. Значит, если разряжать конденсатор через  $n$  последовательно соединенных ванн, то выделится  $mn$  граммов гремучего газа.  $n$  можно сделать сколь угодно большим и получить любое количество газа. Сжигая этот газ, получим любое количество энергии, что явно противоречит закону сохранения энергии, так как начальная энергия заряженного конденсатора не бесконечно велика. В чем здесь дело?

213. Если охладить горячий газ, то он теряет свою проводимость. Чем это объяснить?

214. Как будут изменяться показания миллиамперметра, если ползунок реостата (рис. 52) перемещать вверх?

## 16. Магнитное поле. Электромагнитная индукция

215. Известно, что катодные лучи представляют собой поток отрицательно заряженных частиц — электронов. Ток в проводнике — это тоже направленное движение электронов. Почему же тогда два параллельных проводника, по которым проходит ток в одном направлении, притягиваются, а два параллельных катодных пучка отталкиваются?

216. На двух катушках одинакового диаметра намотан изолированный провод. Включим их поочередно в электрическую цепь. При этом окажется, что одна из катушек обнаруживает магнитные свойства — притягивает

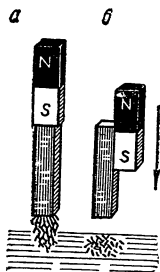


Рис. 53

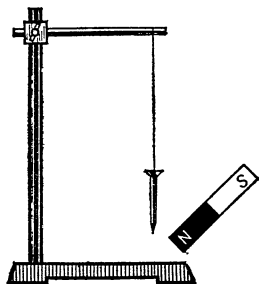


Рис. 54

стальную пластинку, вторая — нет, хотя амперметр показывает, что и через нее проходит ток. Катушки намотаны одинаковым проводом, имеют равные размеры и равное число витков, обе они не имеют сердечника. Чем объяснить странное поведение второй катушки?

**217.** Как с помощью телевизора определить полюса постоянного подковообразного немаркированного магнита?

**218.** Почему, если подключить к карманной батарейке электрический звонок, а потом дотронуться руками до оголенных проводов этой цепи, руки ощущают толчки? Ведь дотронувшись руками до обоих полюсов карманной батарейки, мы таких толчков не ощущаем.

**219.** Прделаем такой опыт. Возьмем прямой магнит и приложим к одному из его концов стержень из мягкого железа несколько большей длины, чем магнит (рис. 53, а). Затем, держа магнит со стержнем в вертикальном положении, поднесем свободный конец стержня к железным опилкам. Они моментально притянутся к стержню. Теперь, не отрывая магнита, начнем медленно опускать его по стержню (рис. 53, б). Как только магнит приблизится к кусочкам железа на определенное расстояние, они отпадут от стержня. Чем это можно объяснить?

**220.** На нитке висит гвоздь, недалеко от него установлен прямолинейный магнит (рис. 54). Как, не касаясь ни гвоздя, ни магнита, привести гвоздь в движение, заставить его качаться подобно маятнику.

**221.** Известно, что электромагнит притягивает к полюсу железные предметы. Один полюс электромагнита будет действовать слабее двух. Поэтому при изготовлении электромагнита необходимо насадить две катушки на прямой стержень. Для использования силы обоих полюсов электромагнита придадим ему подковообразную форму (рис. 55). Однако может случиться, что такой электромагнит, включенный в цепь постоянного тока, не притягивает железного стержня, касающегося обоих полюсов электромагнита. Таким образом, один полюс электромагнита притягивает куски железа, а два — не притягивают. Отчего это происходит?

**222.** Возьмем трансформатор в виде катушки с железным сердечником, наденем на выступающий конец его медное кольцо вместо вторичной обмотки и включим его первичную обмотку через реостат в сеть переменного тока (рис. 56). Придерживая кольцо рукой, чтобы оно не слетело с сердечника, мы убеждаемся, что кольцо сильно нагревается. Очевидно, что вокруг сердечника электромагнита, питаемого переменным током, возникает пере-

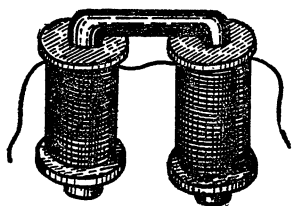


Рис. 55

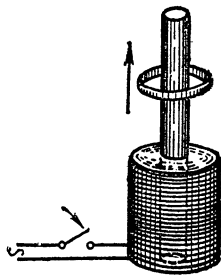


Рис. 56

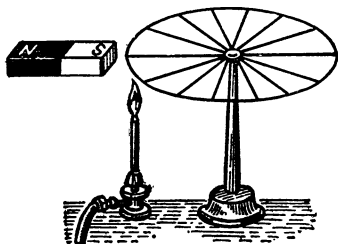


Рис. 57

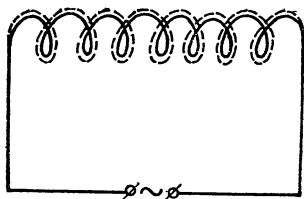


Рис. 58

менное магнитное поле, которое вызывает индукционный ток в кольце. Однако сила тока, проходящего через обмотку электромагнита, недостаточна, чтобы нагреть ее. Но почему же кольцо, которое значительно толще обмотки, сильно нагрелось?

**223.** Колесо, сделанное из тонкой железной проволоки, может вращаться в горизонтальной плоскости (рис. 57) с ничтожным трением. На расстоянии 1—1,5 см от обода колеса располагается магнит. Железное колесо притягивается к магниту, но не вращается. Если подставить газовую горелку под обод перед одним из концов магнита, приобретенное тепло будет равномерно распределяться между всеми частями обода. Колесо должно было бы стоять неподвижно, потому что магнит одинаково притягивает к себе равные раскаленные части колеса. В действительности колесо вращается. Укажите ошибку в рассуждениях.

## Колебания и волны

### 17. Механические колебания и волны. Звук

**224.** Почему, если смотреть издали на марширующую группу физкультурников, кажется, что они идут не в такт с музыкой?

**225.** Воздух значительно хуже проводит звук, чем дерево или стекло. Почему же тогда при закрытых дверях и окне шум с улицы или коридора в комнате менее слышен?

**226.** Как известно, чем выше частота звуковых колебаний, тем быстрее они затухают с увеличением расстояния. Так почему же в действительности ультразвуковые колебания являются главным средством общения и локации у ряда животных (летучих мышей, дельфинов, морских свинок)?

**227.** Представьте себе, что зимой при температуре воздуха  $-10^{\circ}\text{C}$  вы, очутившись за городом, услышали звук приближающегося реактивного самолета. Можно ли, наблюдая за движением самолета, определить его скорость?

**228.** Известно, что электрический ток — это направленное движение зарядов. Тогда катушка колебательного контура должна быть изготовлена из провода с возможно меньшим сопротивлением, так как чем меньше сопротивление катушки, тем медленнее затухают колебания в контуре.

Однако встречаются контурные катушки, сделанные из стеклянной трубки, покрытой сверху тонким слоем серебра.

Как же согласовать два положения, противоречащих друг другу: во-первых, стекло является хорошим изолятором, и, во-вторых, катушки должны изготавливаться из материала, обладающего наименьшим сопротивлением?

**229.** Через конденсатор с бумажным диэлектриком не проходит постоянный ток. Если включить лампочку в цепь переменного тока через конденсатор, то лампочка горит. Если же заменить бумажный диэлектрик лучшим диэлектриком (стекло, фарфор) такой же толщины, то лампочка горит ярче. Значит ли это, что переменный ток проходит через конденсатор тем легче, чем лучшим изолятором является его диэлектрик?

**230.** Направление переменного тока и величина напряжения все время меняются от максимального значения до нуля и обратно. Почему же лампа накаливания светит не мигая?

**231.** В городскую сеть включили катушку с большим числом витков (рис. 58). При измерении протекающего по ней переменного тока установили, что ее сопротивление 20 Ом. Затем поверх этой катушки намотали вторую точно такую же и включили ее в цепь параллельно первой (эта катушка на чертеже показана пунктиром). Тогда общее сопротивление катушек должно уменьшиться вдвое и стать равным 10 Ом. Так ли это?

**232.** При последовательном соединении сопротивлений общее сопротивление цепи равно сумме сопротивлений. Однако если в цепь переменного тока включить последовательно катушку, конденсатор и электрическую лампочку, то, одновременно увеличивая эти сопротивления, можно уменьшить сопротивление всей цепи. Как это следует понимать?

**233.** Почему в контуре, состоящем из катушки индуктивности и емкости, колебания не прекращаются в тот момент, когда конденсатор разряжается полностью?

## 19. Использование электрической энергии

**234.** Направление вращения мотора постоянного тока зависит от направления тока в обмотках. Как же трамвай ходит в обе стороны, хотя провод всегда положителен, а рельсы отрицательны?

**235.** Может ли трамвайный вагон, двигаясь, не только не потреблять энергию, но и отдавать ее в сеть?

**236.** На первый взгляд кажется, что при вращении якоря электромотора количество потребляемой им энергии тем больше, чем больше скорость вращения якоря. В действительности же все происходит наоборот. Как это объяснить?

# Оптика

## 20. Геометрическая оптика

237. Известно, что четкость тени, которую отбрасывает на экран непрозрачное тело, зависит только от взаимного расположения источника света, предмета и экрана. Однако если вилка освещается свечой и дает тень на стене (рис. 59), то при вертикальном положении вилки тень воспроизводит отчетливо форму ее зубцов, а при горизонтальном положении вилки тень размыта и зубцов не видно.

238. Тени телеграфных столбов утром и вечером удлиняются. Меняется ли в течение дня длина тени от проводов?

239. Если приблизить небольшой темный предмет почти вплотную к плоскому зеркалу, то в нем будут видны два изображения предмета. Правда, второе изображение будет менее четкое. Отчего это происходит?

240. На полированный металлический шар слева падает параллельный однородный пучок света. Допустим, что шар полностью отражает все падающие на него лучи. Естественно предположить, что максимальный отраженный от шара световой поток будет направлен влево, на-

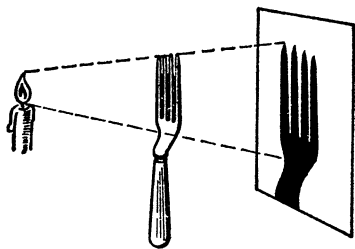


Рис. 59

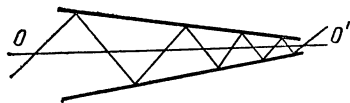


Рис. 60

право лучи вообще не отражаются. В действительности происходит совершенно иное: шар влево и вправо отражает совершенно одинаково. Как объяснить это явление?

**241.** Почему металлизированная спецодежда (одежда, покрытая тонким слоем фольги) предохраняет сталеваров, прокатчиков от жары?

**242.** Поставьте на стол плоское зеркало, сядьте напротив него и закройте, например, правый глаз. После этого наклейте на зеркало небольшую бумажку так, чтобы закрытый глаз не был виден. Затем, не сдвигая бумажки и не меняя положения головы, закройте левый глаз, а правый откройте. При этом вы опять не увидите закрытого глаза. Почему так происходит?

**243.** Для чего сторону лопастей винта самолета, обращенную к кабине летчика, окрашивают в черный цвет?

**244.** При конструировании различных оптических приборов (оптических систем) приходится решать задачу максимально возможной концентрации световой или тепловой энергии. Примером такой системы служит «отражательный конус» (рис. 60), ось симметрии которого  $OO'$  и является осью системы. Пучок лучей, падающий на основание конуса  $O$ , поверхность которого является идеально отражающей, после многократных отражений рано или поздно выходит через отверстие  $O'$ , которое может быть как угодно мало, что и решает поставленную задачу. Так ли это?

**245.** Известно, что свет распространяется прямолинейно, однако существуют среды, где лучи распространяются по криволинейным траекториям. Где происходят такие явления?

**246.** Параллельный пучок лучей, проходя через двояковогнутую линзу, становится расходящимся. Следовательно, получение действительного изображения с помощью такой линзы невозможно. Однако существует условие, при котором двояковогнутая линза может давать действительное изображение. Что это за условие?

**247.** Можно ли добыть огонь с помощью льда?

**248.** Какие очки нужны человеку, если в воде он видит нормально?

**249.** Телескопическая система представляет собой две линзы, расстояние между которыми равно сумме их фокусных расстояний.

Параллельный пучок света, идущий от небесных светил, проходит через объектив, и изображение светила получается в фокальной плоскости объектива. Это изображение служит предметом для окуляра, из которого лучи выходят снова параллельным пучком и, следовательно, не могут дать изображения. Как же тогда видят светила астрономы?

**250.** Если два тела до известной степени не пропускают какое-либо вещество, звук, тепло, то, введя одно тело между частями другого, мы получим новое с еще большей задерживающей способностью. Например, если в полупроницаемой для воды перегородке заполнить поры твердым веществом, то она может стать непроницаемой. Если промежуток между двумя плохо проводящими звук или теплоту стенками заполнить проводником, худшим, чем воздух, то получим еще худший проводник.

В области же света можно указать явление, не подчиняющееся этому закону. Бумага и стеарин — тела почти непрозрачные. Но если капнуть стеарином на бумагу, то, как известно, получится прозрачное пятно. Таким образом, непрозрачный стеарин, заполнив поры непрозрачной бумаги, сделал ее прозрачной. Как это объяснить?

**251.** Почему стекла автомобильных фар имеют с внутренней стороны рифленую поверхность?

**252.** Оптические приборы не могут увеличить яркость объекта. Почему же в телескопе звезды кажутся более яркими и могут быть видны даже днем?

**253.** Казалось бы, лупа должна увеличивать все без исключения. Однако существуют такие объекты, которые лупа не увеличивает. Какие это объекты?

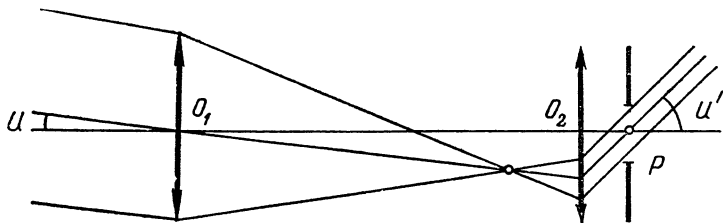


Рис. 61

254. Фотограф увидел, что во время фотографирования на объектив его фотоаппарата села муха. Очевидно, на снимке появится изображение мухи. Так ли это?

255. Пусть какое-нибудь тело (самолет) излучает инфракрасные лучи. Как собрать эти лучи? Сигналы излучателя слабы, так как он находится на большом расстоянии, следовательно, их нужно усилить. Эту задачу, казалось бы, хорошо решает оптическая система типа простой зрительной трубы (рис. 61), которая имеет большое поле зрения.

Пусть  $O_1$  — объектив,  $O_2$  — окуляр,  $P$  — выходной зрачок системы, т. е. изображение объектива, даваемое окуляром. Приемное устройство, например фотоэлемент (термоэлемент), устанавливается так, чтобы светочувствительный (теплочувствительный) слой совпадал с выходным зрачком. Предположим, что телескопическая система  $O_1O_2$  имеет угловое увеличение  $\frac{u'}{u} = \gamma$ . Очевидно, диаметр выходного зрачка в  $\gamma$  раз меньше, чем диаметр объектива.

Вся падающая энергия на объектив  $O_1$  попадает затем на выходной зрачок  $P$ , но концентрируется там на площади в  $\gamma^2$  раз меньшей, чем площадь объектива (потери энергии пренебрегаем). Значит, приемный элемент получает в  $\gamma^2$  раз больше энергии, чем он получал бы при отсутствии оптической системы. Таким образом, оптическая система усиливает энергию по всем направлениям.

Выполнимы ли требования, поставленные в данной задаче?

**256.** Возьмите в левую руку свернутую из бумаги трубку, держите ее перед левым глазом и смотрите через нее на освещенный отдаленный предмет, например на картину на противоположной стене. Затем поставьте ладонь правой руки перед правым глазом так, чтобы край ладони касался стенки трубки. Обе руки должны находиться приблизительно на расстоянии 15—20 см от глаза.

Казалось бы, что при этих условиях трудно видеть правым глазом. Между тем наблюдатель замечает, что он смотрит сквозь отверстие в правой руке и при этом видит упомянутую картину. Отверстие находится приблизительно на том месте, где на рисунке 62 изображен круг. Объясните это явление.

**257.** Почему очки с темными стеклами предохраняют глаза электросварщика от вредного действия лучей электрической дуги?

**258.** Движения фигур на киноэкранах протекают скачкообразно. Однако благодаря быстрой смене кадров (24 в секунду) и свойству глаза сохранять зрительные впечатления в течение некоторого времени (от  $\frac{1}{13}$  до  $\frac{1}{34}$  с) движения фигур на экране кажутся нам плавными. Всякое же действительное плавное движение тем более должно восприниматься глазом как плавное. Однако если в тем-

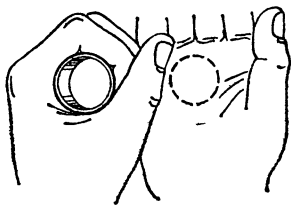


Рис. 62

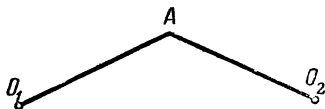


Рис. 63

ном зале во время киносеанса провести несколько раз из стороны в сторону, между лицом и экраном, ладонью руки, то покажется, что темные пальцы ладони движутся на фоне светлого экрана не плавно, а рывками.

В предлагаемом опыте происходит явление, казалось бы, противоречащее всякой логике. Плавные движения руки представляются вдруг скачкообразными, и в тех же условиях отрывистые движения фигур на экране превращаются в плавные. В чем же дело?

## 21. Световые волны

**259.** Пусть свет переходит из одной среды в другую. Если скорость света в первой среде  $v_1$ , а во второй  $v_2$ , то

$$\frac{v_1}{v_2} = n,$$

где  $n$  — показатель преломления второй среды относительно первой,

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2},$$

где  $\lambda_1$  — длина волны и света в первой среде,  $\lambda_2$  — длина волны во второй среде.

Отсюда следует, что при переходе света из одной среды в другую длина световой волны изменяется. Например, если в воздухе длина волны красного света  $\lambda_1 = 0,65$  мкм, то в воде

$$\lambda_2 = \frac{\lambda_1}{n} = \frac{0,65}{1,33} = 0,49 \text{ (мкм)}.$$

Длина волны 0,49 мкм соответствует голубому свету. Это означает, что водолаз, находящийся в воде, лучи красного фонаря будет воспринимать голубыми. В действительности это не так. Почему?

**260.** Почему для сигнала остановки выбран красный цвет?

**261.** Световые волны (при определенных условиях) интерферируют друг с другом, усиливая или ослабляя свет. Ослабление происходит, если разность путей волн равна половине длины волны или нечетному числу полу-волн. При этом энергия колебания в этих точках равна нулю. Как известно, каждый луч несет с собой определенную энергию (с лучом связан поток энергии). Поток энергии, складываясь, дают нуль. Не противоречит ли явление интерференции закону сохранения энергии?

**262.** Известно, что если разность хода световых лучей равна  $k\lambda$ , где  $k$  — целое число, а  $\lambda$  — длина волны, то волны усиливают друг друга.

В точках  $O_1$  и  $O_2$  находятся источники (рис. 63), свет от которых распространяется в вакууме и попадает в точку  $A$ . Расстояние  $O_2A - O_1A = \lambda$ . Можно ли утверждать, что в точке  $A$  — интерференционный максимум?

**263.** Если сквозь чистую, слегка прозрачную ткань посмотреть на свет отдаленного фонаря, то видно множество светлых пятнышек, расположенных в строго определенном порядке. Если сильно растянуть ткань или расположить ее наклонно к лучу зрения, пятнышки меняют свое положение. Отчего это происходит?

**264.** Возьмите с полки книгу в ярком переплете, например светло-красного цвета. Если на ней есть буквы, смотрите в какую-нибудь точку, где пересекаются две линии. Если на книге нет надписи или какого-либо украшения, то сделайте на поверхности ее маленький знак. Держите голову и книгу неподвижно и смотрите пристально на выбранную точку в течение минуты или хотя бы полминуты. Все это время нельзя отводить глаз от намеченной точки. Спустя приблизительно полминуты, посмотрите на большую совершенно белую поверхность. Вы должны были бы увидеть белую поверхность, но в действительности увидите изображение той же книги, но в другой окраске. Почему?

**265.** Если пучок дневного света пропустить сначала через желтое стекло, а затем через синее, то, по всей вероятности, увидим все в зеленом свете. Опыт показывает, что в результате такого пропускания света получается темнота. Значит ли это, что закон смешения цветов неверен?

**266.** Если нагреть на спиртовке медную пластинку, то на ее поверхности образуются разноцветные пятна. Отчего это происходит?

## 22. Излучение и спектры

**267.** Яркость свечения раскаленного тела определяется его температурой. Почему же тогда раскаленный кусок металла светит очень ярко, в то время как стекло, имеющее ту же температуру, почти не светит?

**268.** Простейший парник — это плотно сколоченный ящик, в который насыпана земля. Одна сторона ящика застеклена. Солнечные лучи одинаково нагревают парник и окружающую его землю. Однако температура в парнике будет гораздо выше, чем температура вне его. Откуда же берется дополнительное тепло?

**269.** Кто сильнее нагревается на солнце: хорошо загоревший человек или совсем не загоревший?

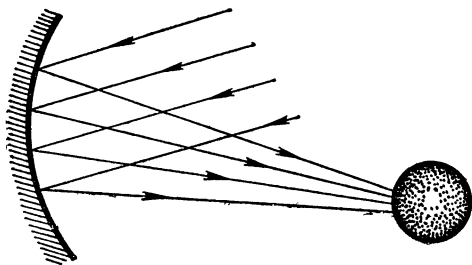


Рис. 64

## 23. Атомная физика

270. С помощью вогнутого зеркала сфокусируем солнечные лучи в небольшое отверстие замкнутой полости с непроводящими тепло стенками (рис. 64). При увеличении размеров зеркала оно будет собирать все больше энергии и, следовательно, температура внутри полости станет непрерывно возрастать. Однако в действительности при определенных размерах зеркала температура перестанет расти. Почему?

271. Сразу же после экспериментального открытия нейтрона советский физик Д. Д. Иваненко и немецкий ученый В. Гейзенберг предложили протонно-нейтронную модель ядра. Эта модель подтверждена экспериментальными исследованиями ядерных превращений. Согласно протонно-нейтронной модели ядра состоят из протонов и нейтронов. Число протонов в ядре равно атомному номеру элемента  $Z$  в таблице Менделеева, а число нейтронов равно  $A - Z$ , где  $A$  — массовое число. В ядре нет никаких других частиц. Однако при радиоактивном  $\beta$ -распаде из ядра атома вылетает электрон. Откуда же он берется?

272. Известно, что чем больше плотность среды, тем большее сопротивление она оказывает движущейся в ней материальной частице. Почему же слой свинца меньше задерживает поток нейтронов, чем такой же слой графита?

273. Какое животное способно реагировать на радиоактивное излучение?

## Механика

### 1. Кинематика

1. Движущееся тело действительно в одно и то же время не может занимать два места в пространстве. Но эти места непрерывно сменяются во времени, тело движется. Утверждение Зенона убедительно опроверг еще Диоген. Вот как об этом споре писал А. С. Пушкин:

«Движенья нет, сказал мудрец брадатый.

Другой смолчал и стал пред ним ходить.

Сильнее бы не мог он возразить...»

2. При ходьбе и беге каждая нога половину времени находится в движении, а половину стоит. Значит, ступня выбрасывается со скоростью вдвое большей, чем бежит спортсмен, т. е. 18 м/с.

3. Если автомобиль совершил некоторое перемещение  $\vec{s}$  за промежуток времени  $t$ , то средняя скорость равна

$$\vec{v}_{\text{ср}} = \frac{\vec{s}}{t}.$$

Часто, говоря о средней скорости, подразумевают не вектор  $\vec{v}_{\text{ср}}$ , а скалярную величину, определяемую длиной пути, который автомобиль проходит в среднем за единицу времени:

$$v_{\text{ср}} = \frac{2l}{t}.$$

Если расстояние, пройденное автомобилем,  $2l$ , то

$$v_1 = \frac{l}{t_1}, \quad v_2 = \frac{l}{t_2},$$

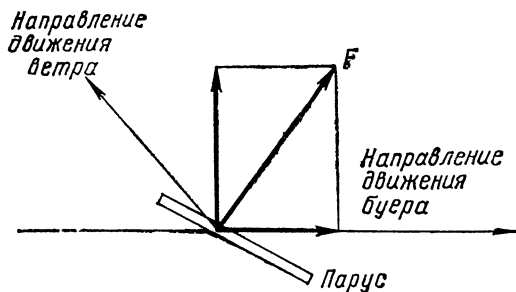


Рис. 65

где  $t_1$  — время, в течение которого автомобиль прошел путь из пункта  $A$  в пункт  $B$ ;  $t_2$  — время, в течение которого автомобиль прошел путь из пункта  $B$  в пункт  $A$ .

Средняя скорость движения автомобиля

$$v_{\text{ср}} = \frac{2l}{t_1 + t_2} = \frac{2l}{\frac{l}{v_1} + \frac{l}{v_2}} = \frac{2v_1v_2}{v_1 + v_2} = 48 \text{ (км/ч)}.$$

4. Диск меньшего диаметра в «аристотелевом колесе» будет вынужден не только катиться, но и скользить. Поэтому  $ab > \pi D_1$ .

5. Тело, брошенное под углом  $\alpha$  к горизонту со скоростью  $v_0$ , пройдет расстояние  $s = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$ , где  $g$  — ускорение свободного падения в месте бросания, зависящее от географической широты. В Киеве оно равно  $980,9 \text{ см/с}^2$ , а в Минске —  $981,7 \text{ см/с}^2$ . Поэтому минский спортсмен тем же усилием, что и киевлянин, метнет диск на  $57,86 \text{ м}$ . Приведенная формула дает приближенно верное значение при движении тел в воздухе только при малых скоростях.

6. Буер может двигаться только по направлению пользев. Если скорость ветра относительно буера имеет составляющую, перпендикулярную движению, то можно расположить парус так, что сила  $F$ , действующая на не-

го, будет толкать буер вперед (рис. 65) и скорость буера может превысить скорость ветра.

7. Угловая скорость минутной стрелки в 60 раз меньше, чем любой секундной. Но линейная скорость минутной стрелки башенных часов значительно превосходит линейную скорость секундной на ручных часах.

8. Верхняя точка колеса имеет скорость относительно земли вдвое большую, чем скорость передвижения прицепа (рис. 66). Поэтому брызги, отрывающиеся от верхней части колеса, могут отлетать на значительное расстояние.

9. Колеса вагонов имеют на ободке выступающий край (реборду). Самая нижняя точка этого края при движении поезда перемещается в течение некоторой доли секунды назад. Сказанное поясняет рисунок 67, на котором изображена кривая линия, описываемая этими точками.

10. Небезразлично, с какой стороны наблюдать за движущимся предметом. Скорость движущейся точки можно изобразить графически вектором (рис. 68). Наблюдая за вращающимся диском с начерченной на нем полосой, можно представить, что у концов этой полосы находятся векторы скорости. Эти векторы то пробегают перед глазами, то удаляются от нас. При этом мы как бы

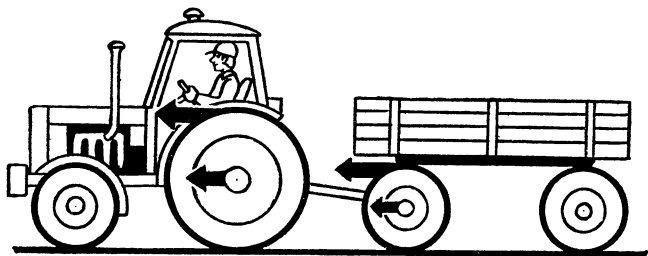


Рис. 66.

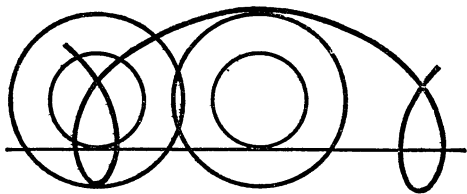


Рис. 67

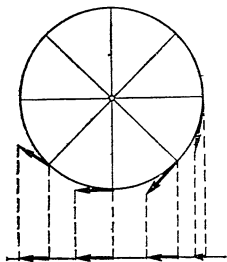


Рис. 68

наблюдаем проекции векторов скорости на линию, расположенную параллельно нашим глазам. Эти проекции разной величины, и поэтому кажется, что черная полоса вращается рывками.

11. Линейная скорость не является постоянной величиной, а зависит от положения точки  $A$  на круге, так как  $V = \omega r$ , где  $\omega$  — угловая скорость вращения,  $r$  — расстояние точки  $A$  от оси вращения.

12. Скорость движения ракеты вокруг Солнца складывается из 29,8 км/с (скорость движения Земли по ее орбите вокруг Солнца) и 2,2 км/с (скорость по отношению к Земле, которую имела ракета в момент пересечения орбиты Луны).

## 2. Динамика

13. При трогании поезда с места и при увеличении его скорости жидкость в уровне в силу инерции переместится в сторону, обратную движению, а пузырек — в сторону движения поезда. При торможении жидкость переместится в сторону движения поезда, а пузырек — в обратную сторону. Значит, поезд шел в правую сторону от пассажира, стоящего к окну лицом.

14. При повороте автобуса пассажир по закону инерции испытывает толчок, направленный в сторону, обратную повороту. Поэтому для смягчения толчка надо наклониться в сторону поворота автобуса.

На железнодорожном пути на поворотах наружный рельс укладывается выше внутреннего. Вследствие этого пассажир наклоняется в сторону, обратную повороту. Выезжая на работу, инженер пользуется сначала автобусом, а потом пригородным поездом. Следовательно, он работает в пригороде, а живет в городе.

15. При повороте автобуса пассажир продолжает двигаться по инерции прямолинейно. Он не вылетает из автобуса только потому, что держится за поручни или удерживается стенкой автомобиля.

На горизонтально летящий самолет в плоскости, перпендикулярной направлению его полета, действуют две силы: сила тяжести и аэродинамическая подъемная сила. При повороте самолета равнодействующая этих сил должна быть направлена к центру окружности, по которой движется самолет. Это означает, что аэродинамическая сила не вертикальна, а составляет некоторый угол с вертикалью. Но аэродинамическая сила — это сумма подъемных сил крыльев, и она перпендикулярна крыльям, следовательно, корпус самолета наклонен в сторону поворота.

16. Импульс метеорита передается молекулам воздуха и, в конечном счете, земному шару.

17. Когда вращение колес замедляется, они начинают скользить, так как автомобиль по инерции некоторое время движется с прежней скоростью. Поэтому между колесами и землей возникают значительные силы трения, которые являются внешними.

18. Если человек стоит на шероховатом льду, то он оказывает на опору большее давление, так как опирается лишь на немногие выступы и бугорки шероховатой поверхности. Чем больше давление на лед, тем обильнее

плавление, и, следовательно, шероховатый лед более скользок, чем зеркально гладкий.

19. Сила тяги тепловоза уравнивается силой трения.

20. Закон независимости действия сил, впервые установленный итальянским ученым Галилеем, в рассматриваемом случае не нарушается. В рассуждениях не была принята во внимание сила трения между передвигаемым телом и поверхностью, по которой оно продвигалось.

21. Сила — величина векторная. Следовательно, результатом действия двух сил  $\vec{P}$  и  $\vec{Q}$  на точку  $O$  будет равнодействующая сила, равная по величине и направлению диагонали параллелограмма, построенного на этих силах, т. е.  $\vec{OC} = \vec{OA} + \vec{AC}$ .

22. Известно, что

$$s = \frac{at^2}{2} = \frac{Ft^2}{2m}.$$

Поэтому если масса уменьшится в два раза, то пройденный путь увеличится в два раза. Значит, первое утверждение Леонардо да Винчи справедливо.

Второе утверждение неверно, так как за время  $\frac{t}{2}$  масса  $\frac{m}{2}$  пройдет путь не  $s$ , а  $\frac{s}{2}$ .

23. Хотя софизм является наивным, считаем необходимым еще раз обратить внимание на то, что над наименованиями нужно выполнять те же действия, что и над числами, к которым наименования относятся.

24. По закону независимости действия сил камень, свободно падающий с вершины мачты, перемещается под действием силы тяжести и одновременно продолжает равномерное и прямолинейное движение по инерции вперед вместе с кораблем. Значит, камень, притягиваемый

землей, упадет у основания мачты на то место, на которое он упал бы при покоящемся корабле.

25. Всякая ракета состоит из оболочки и содержащегося в ней топлива. Топливо при запуске ракеты сгорает и превращается в газ высокого давления и высокой температуры. Благодаря высокому давлению, этот газ с большой скоростью вырывается из сопла ракеты. На основании закона сохранения импульса оболочка ракеты устремляется при этом в противоположную сторону. Скорость потока газа в 1000 раз больше скорости самой ракеты. Тяжелая ракета удаляется от места пуска сравнительно медленно, а газы, очень быстро удаляясь в противоположную сторону, улетают так далеко, что центр тяжести системы ракета — газы остается неподвижным. Так было бы в вакууме. При движении ракеты в воздухе приходится учитывать движение воздуха и взаимодействие его с Землей.

26. Взрослый человек не может растянуть динамометр с силой 100 Н, если нет такой же противодействующей силы. В данном случае противодействующая сила 30 Н, а поэтому взрослый человек может растянуть динамометр лишь с силой, не превышающей 30 Н.

27. Чемодан весом 300 Н можно взвесить с помощью веревки: привязать один ее конец к дереву, а второй пропустить под ручкой чемодана и привязать к весам. Весы будут показывать половину веса чемодана.

28. Две равные и противоположно направленные силы, приложенные к разным телам: одна — к чашке весов и направлена вертикально вверх, другая — к телу и направлена вертикально вниз, не уравниваются. Значит, груз, опускаясь под влиянием своего веса, выведет стрелку весов из состояния равновесия.

29. Изменение показаний весов можно объяснить с помощью третьего закона Ньютона. Этот закон гласит, что тела действуют друг на друга силами, направленными вдоль одной и той же прямой, равными по абсо-

лютному значению и противоположными по направлению. В данном случае при быстром подъеме рук мы получаем толчок вниз, который и вызывает увеличение силы давления на опорную площадку.

**30.** Нет. В спутнике тела невесомы.

**31.** Если бы исчезло притяжение Солнца, центр тяжести Земли стал бы двигаться по касательной к орбите. Вращение Земли вокруг оси сохранилось бы.

**32.** Когда в северном полушарии зима, Земля проходит наиболее близкую к Солнцу часть своей орбиты — перигелий. Следовательно, зимой Солнце сильнее притягивает любые предметы, находящиеся на поверхности Земли, чем летом. Днем сила солнечного притяжения вычитается из силы земного притяжения, поэтому вес предмета равен разности этих сил. Ночью же силы солнечного и земного притяжения складываются. Следовательно, зимней ночью гири весит больше всего.

**33.** С углублением в землю, если считать ее плотность постоянной, вес гири не увеличивается, а уменьшается, так как притягивающие части земного шара расположены по разные стороны от нее.

**34.** При вычислении силы земного притяжения считается, что вся масса Земли сосредоточена в его центре, поэтому в данном случае имеет значение расстояние притягивающегося тела не от поверхности, а от центра Земли. Во время своего падения тело проходит максимально несколько сот метров. Этой величиной можно пренебречь по сравнению с радиусом Земли (6370 км). Возрастание скорости при падении происходит потому, что на падающее тело действует постоянное земное притяжение ( $g=9,8$  м/с), а согласно второму закону Ньютона, тело под действием постоянной силы должно двигаться равноускоренно.

**35.** Мост будет держаться без опор, так как все его части притягиваются к центру Земли с одинаковой силой. Однако таким мостом нельзя будет воспользоваться.

Достаточно сесть мухе на какое-нибудь место моста, чтобы равновесие нарушилось и мост упал.

36. Огромные расстояния между небесными телами должны, конечно, значительно ослаблять силу их взаимного притяжения. Но ведь велики не только небесные расстояния, а невообразимо огромны и массы небесных тел.

Абсолютное значение силы притяжения между телами выражается формулой

$$|\vec{F}| = G \frac{Mm}{r^2},$$

где  $r$  — расстояние между телами;  $G$  — гравитационная постоянная. Поэтому притяжение больших космических масс, разделенных огромными расстояниями, гораздо заметнее, чем в случае малых масс на незначительных расстояниях. Например, Земля и Луна притягиваются с силой  $2 \cdot 10^{20}$  Н, между тем как два человека на расстоянии одного метра притягиваются с силой всего  $3 \cdot 10^{-7}$  Н, а два линейных корабля на расстоянии 1 км — с силой 0,04 Н.

37. Совершить полет вокруг Земли можно в принципе со скоростью и большей, и меньшей первой космической, если держать двигатели все время включенными. Это же относится и к полету на Луну. С выключенными двигателями можно достичь Луны только при условии, что у Земли корабль приобрел вторую космическую скорость. Полет же с постоянно включенными двигателями позволяет долететь до Луны с любой скоростью. При этом ракета летит равномерно и прямолинейно. В ней нет ни перегрузки, ни невесомости. Во время полета необходимо регулировать силу тяги так, чтобы сумма сил тяжести и тяги была равна нулю. Приближаясь к Луне, придется тормозить.

38. Рассмотрим движение спутника по круговой орбите радиуса  $r$ . Уравнение движения имеет вид:

$$\frac{mV^2}{r} = G \frac{Mm}{r^2},$$

где масса планеты

$$M = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho.$$

Тогда

$$\frac{mV^2}{r} = G \frac{4}{3} \pi R^3 \rho \frac{m}{r^2},$$

где  $R$  — радиус планеты,  $\rho$  — ее плотность.

Откуда

$$V = 2R \sqrt{\frac{\pi GR \rho}{3r}}.$$

Период обращения спутника вокруг планеты

$$T = \sqrt{\frac{3\pi}{G \rho R^3}} \cdot V r^3,$$

что полностью соответствует третьему закону Кеплера.

Если  $r \approx R$ , то

$$T = \sqrt{\frac{3\pi}{G \rho}}.$$

Поэтому никакого противоречия в заключении нет.

**39.** Брусok будет оставаться на месте. Когда на тело действует внешняя сила, которая должна была бы вызвать его скольжение по другому твердому телу, то движения не возникает, пока величина внешней силы не превосходит некоторого критического значения. Это свидетельствует о том, что существует сила трения, равная по величине внешней силе и противоположная ей по направлению. Такая сила трения называется силой трения покоя. После того как величина внешней силы превысила критическое значение, сила трения уже не может достичь величины внешней силы, вследствие чего и возникает

скольжение. В этом случае сила трения называется силой трения скольжения.

Наличие трения покоя является причиной того, что трогание с места и скольжение начинается лишь после приложения силы, большей силы трения покоя. Сила трения покоя не может привести тело в движение.

Вывод о том, что брусок будет двигаться влево, неправилен. Соотношение, по которому вычислялась величина силы трения, справедливо только для движения. Движение начнется вправо, если вес груза превысит 20 Н.

40. Такое рассуждение неверно. В данном случае сила трения равна нулю, иначе стол поехал бы в сторону действия силы трения, так как других горизонтальных сил нет.  $\vec{N}$  — сила нормального давления тела на поверхность, на которой оно находится (рис. 69).

При сухом трении тело начинает двигаться только тогда, когда проекция приложенной к нему силы  $\vec{F}$  на плоскость, касательную к поверхности, на которой лежит тело, станет больше некоторой величины. Пока тело не начало скользить, действующая на него сила трения равна касательной составляющей приложенной силы и направлена в противоположную сторону. При увеличении приложенной силы сила трения тоже возрастает, пока

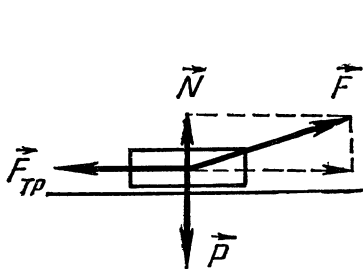


Рис. 69

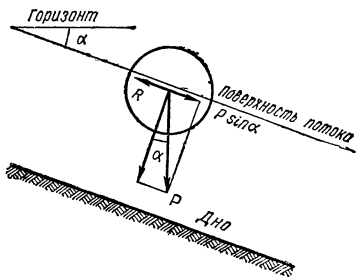


Рис. 70

не достигнет максимальной величины, равной  $k|\vec{N}|$ , при которой начинается скольжение. Дальше сила трения уже не меняется.

41. Если тело покоится, то для того чтобы сдвинуть его с места, к телу нужно приложить силу, большую максимально возможной силы трения покоя. Так как колеса тепловоза и вагонов не скользят по рельсам, то

$$|\vec{F}_1| \leq k |\vec{P}_1| \text{ и } |\vec{F}_2| \leq k |\vec{P}_2|,$$

где  $|\vec{P}_1|$  — вес тепловоза,  $|\vec{P}_2|$  — вес вагонов,  $|\vec{F}_1|$  — сила трения колес тепловоза о рельсы,  $|\vec{F}_2|$  — сила трения вагонных колес о рельсы,  $k$  — коэффициент трения стали о сталь. Но из написанных неравенств и из того, что  $|\vec{P}_2| > |\vec{P}_1|$ , очевидно, нельзя сделать вывод, что  $|\vec{F}_2| > |\vec{F}_1|$ . Конечно,  $|\vec{F}_2| \leq |\vec{F}_1|$ . Это связано с тем, что трение колес вагонов о рельсы — это в основном трение качения, а трение колес тепловоза о рельсы — трение покоя.

42. Водяные капли облаков при своем падении испытывают большое сопротивление, в результате чего облака опускаются очень медленно. Это объясняется тем, что площадь поверхности капли велика по сравнению с их массой. Поэтому медленное падение облаков остается незамеченным, так как оно компенсируется поднятием восходящими воздушными потоками.

43. Составляющая силы тяжести в направлении  $x$  равна  $P \sin \alpha$  (рис. 70). Эта составляющая и вызывает дополнительное ускорение тела до тех пор, пока оно не уравновесится силой лобового сопротивления. Для равновесного состояния будем иметь следующее равенство:

$|\vec{P}| \sin \alpha - |\vec{R}| = 0$ . Таким образом, тела (плоты, суда, бревна и др.), свободно плывущие по поверхности потока, движутся быстрее окружающей их воды. Во многих

случаях этот обгон воды плывущими телами весьма незначителен и почти незаметен, но при относительно больших уклонах реки и при малом сопротивлении движению тела этот обгон может достигнуть значительной величины.

44. У утки лапы расставлены шире, чем у курицы. Поэтому ее центр тяжести находится дальше от точки опоры, и за время шага, который у утки и курицы примерно одинаков, утка поворачивается на больший угол, чем курица: больше момент силы тяжести относительно точки опоры, и поэтому больше ускорение и угловая скорость вращения.

45. Нет. Когда один из мальчиков будет раскачиваться, возникнет центростремительная сила. Она будет увеличиваться от 0 до максимума в нижней точке. В момент нахождения качелей в крайних точках натяжение каната будет уменьшаться. Вследствие этого мальчик на своих качелях будет то подниматься, то опускаться.

46. Хотя весы и уравновешены, грузы равной массы, помещенные на чашки этих весов, будут создавать различные моменты сил относительно оси коромысла.

47. Ошибка заключается в пользовании неправильным чертежом, на котором реакция наклонной доски показана перпендикулярной к доске и проходящей через центр тяжести шара.

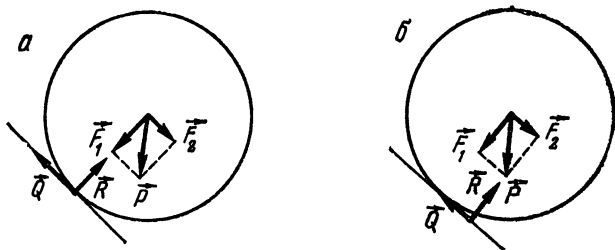


Рис. 71

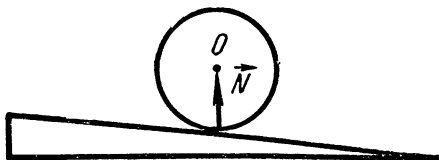


Рис. 72

Такой чертеж был бы правильным в том случае, если бы упругие силы зависели только от величины деформации, но не зависели от того, увеличивается деформация или, наоборот, уменьшается. Но в этом случае коэффициент трения качения был бы равен нулю и при этом равномерного скатывания шарика не было бы. В самом деле, разложим силу тяжести шара  $\vec{P}$  на две составляющие (рис. 71, а): нормальная составляющая  $\vec{F}_1$  уравновешивается реакцией доски  $\vec{R}$ , а скатывающая сила  $\vec{F}_2$  вместе со статической силой трения  $\vec{Q}$  составляют пару сил, момент которой увеличивает угловую скорость шара, а следовательно, и скорость качения. В действительности в той части площади соприкосновения шара с доской, в которой деформация увеличивается, т. е. в передней части, силы упругости больше, чем там, где деформация уменьшается, т. е. сзади. Вследствие этого точка приложения силы реакции доски при качении шара сдвигается вперед по движению (рис. 71, б).

Перпендикулярная составляющая силы тяжести  $\vec{F}_1$  вместе с реакцией доски  $\vec{R}$  образуют вторую пару сил, момент которой противоположен моменту пары сил  $\vec{F}_2$  и  $\vec{Q}$ .

Если сумма моментов этих двух пар сил окажется равной нулю, угловая скорость шара останется постоянной, т. е. шар скатывается равномерно.

48. Трение этого колеса о плоскость есть трение качения. Оно не может быть сведено к горизонтальной силе  $\vec{F}_{\text{тр}}$ . При качении колесо слегка деформируется и вдавливается в плоскость, вследствие чего на него действует сила  $\vec{N}$ , направленная примерно так, как показано на рисунке 72. Поскольку горизонтальная составляющая этой силы направлена влево, скорость колеса будет уменьшаться. Вместе с тем момент этой силы относительно точки  $O$  направлен против часовой стрелки и, следовательно, тормозит вращение колеса.

49. Составляющая сила  $F_2$  уравнивается силой сцепления ног птицы с корой дерева.

50. Пламя отклоняется к центру потому, что оно имеет меньшую плотность, чем воздух. Известно, что при вращении более плотные вещества располагаются дальше от центра.

51. При скатывании бутылки с наклонной плоскости скатывающая сила производит работу, сообщая бутылке ускорение, преодолевая трение качения и приводя бутылку с ее содержимым во вращательное движение. Во вращение легче привести бутылку с водой, так как при этом будет вращаться только сама бутылка и тонкий слой воды, прилегающий к стенкам. Возникающее внутреннее трение в воде очень мало, потому что мала вязкость воды.

52. С изменением радиуса кривизны изменяется и  $V$  по формуле  $V = \omega r$ , где  $\omega$  — угловая скорость. С учетом последнего формула принимает вид:

$$|\vec{F}| = m \omega^2 r.$$

Таким образом, с уменьшением радиуса кривизны уменьшается и центростремительная сила.

53. Обе формулы тождественны, так как  $V = \omega r$ .

54. Нет, конечно. Изменить направление движения можно только взаимодействуя с другими телами.

### 3. Равновесие сил

55. Шарик, прикрепленный к кольцу, будет падать, стремясь занять наиболее низкое положение, и при своем падении увлекает кольцо.

56. Пусть к середине троса в точке  $B$  подвешен груз. Из рисунка 73 видно, что чем меньше будет провес  $\vec{BD}$ , тем больше будет натяжение троса  $\vec{T}$ . Ни один трос, провод, веревку нельзя натянуть строго горизонтально — всегда будет провес. Пусть на тросе ничего не висит, но трос имеет собственный вес, который можно считать приложенным к середине. Если натягивать трос, то его провес уменьшается, а, следовательно, натяжение троса возрастает. Для того чтобы трос занял строго горизонтальное положение, нужно приложить бесконечно большие силы. Таких сил не существует, но даже если бы их можно было получить, то ни один трос не выдержит бесконечно больших натяжений.

57. Такое рассуждение совершенно неправильно. Положение груза в любом месте чашки весов — у края или посередине — не меняет длины плеча коромысла. Груз, находящийся на чашке, действует на коромысло в точке ее привеса, а так как точки привеса чашек остаются неизменными, то безразлично, где лежит груз: в середине чашки или ближе к ее краю.

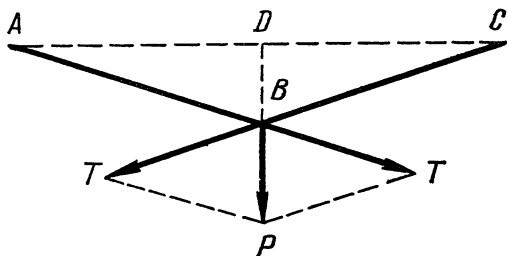


Рис. 73

58. Тяжелый шарик находится в равновесии на горизонтальном полу, касаясь стены, так как реакции стены  $\vec{N}$  не существует.

#### 4. Гидро- и аэростатика

59. Так как открытый конец длинного сосуда опускается на большую глубину, чем открытый конец широкого сосуда, то воздух, находящийся в длинном сосуде, сжимается сильнее. Поэтому длинный сосуд вытесняет меньше воды, чем короткий, и, по закону Архимеда, для погружения его в воду придется применить меньшую силу, чем для погружения короткого и широкого сосуда.

60. Потеря в весе, происходящая от того, что часть падающих песчинок находится в воздухе, полностью компенсируется той силой, с которой другие песчинки в этот момент ударяют о дно нижнего сосуда.

61. Согласно закону Архимеда на левую чашку с деревянным кубиком будет действовать большая выталкивающая сила, чем на правую. Когда откачали часть воздуха, то под стеклянным колпаком перетянул деревянный кубик.

62. Философ не был знаком с законом Архимеда. Раздутый пузырь испытывал выталкивающую силу, равную весу заполнявшего его воздуха. Чтобы взвесить воздух, надо взять сосуд, форма которого не меняется при откачивании воздуха.

63. Водомерная трубка и паровой котел представляют собой сообщающиеся сосуды. Верхняя часть водомерной трубки соединена с верхней частью котла, а нижняя часть — с нижней частью котла. Поэтому вода в трубке и в котле находится под одним и тем же давлением.

64. Усилие, необходимое для перемещения поршней вниз, должно быть в тысячи раз больше, чем для перемещения вверх. Секрет кроется в практической несжимаемости воды.

При движении поршней вниз происходит сжатие воды, так как пространство между поршнями уменьшается. Для этого необходимо усилие в тысячи килоньютонов. При подъеме поршней пространство между ними увеличивается, над водой образуется пустота.

Сверху на наружную поверхность большого поршня и снизу на наружную поверхность малого поршня действует атмосферное давление. Если бы поверхности поршней были равны, то эти давления уравновесились бы через шток. В данном случае ввиду разности площадей поверхностей поршней эти давления не уравновешиваются. Поэтому при подъеме придется преодолевать разницу атмосферных давлений на верхний и нижний поршни. Эта сила измеряется несколькими сотнями ньютонов и при подъеме поршней на любую высоту не меняет своей величины.

**65.** Согласно закону Паскаля давление столба воды в трубке передается без изменения по всем направлениям. Возникающая при этом сила давления на стенки бочки пропорциональна площади стенок. Итак, хотя давление и невелико, сила давления велика.

**66.** По мере сгорания свечи объем ее уменьшается, значит, уменьшается выталкивающая сила. Свеча продолжает плавать на поверхности воды и не гаснет.

**67.** В третьем ведре деревянный брусок погрузился меньше, чем в первом и во втором, значит, он вытеснил меньше воды. Следовательно, третье ведро тяжелее первого и второго.

**68.** Бруски не могли так плавать, как сказано в задаче. Они должны были утонуть, так как средняя плотность их больше единицы.

**69.** Вес тела 20 Н, оно потеряло в растворе 1,5 Н, значит, вес раствора в объеме тела 1,50 Н.

Вес тела в воде 10 Н. Значит, его объем  $100 \text{ см}^3$ . При емкости сосуда  $250 \text{ см}^3$  объем раствора будет  $250 - 100 = 150 \text{ (см}^3\text{)}$ . Так как сосуд налит до половины высоты, то

при цилиндрической форме сосуда объем раствора должен быть  $250 : 2 = 125$  (см<sup>3</sup>). Фактически же он занимает 150 см<sup>3</sup>. Значит, сосуд имеет форму усеченного конуса, у которого площадь дна больше площади верхнего отверстия.

70. Подъемная сила воздушных шаров и дирижаблей определяется разностью между плотностью воздуха и плотностью газа, заполняющего шар. Для водорода эта разность равна  $29 - 2 = 27$ . Для гелия —  $29 - 4 = 25$ . Иначе говоря, подъемная сила двух дирижаблей одного и того же объема, наполненных один гелием, а другой водородом, будет почти одинакова.

71. По мере опускания предмета уровень воды повышается, а раз увеличивается высота столба жидкости над дном, то увеличивается и давление на дно, хотя общее количество воды остается неизменным.

Тело же, погруженное в жидкость, испытывает выталкивающую силу. Чем глубже погрузим предмет, тем меньшее усилие будет испытывать рука, держащая его. Разница в этих силах и передается на чашку весов. Добавочное давление от поднявшегося в сосуде уровня воды строго равно выталкивающей силе.

72. При нагревании уменьшается плотность жидкости, но увеличивается высота ее уровня. В случае цилиндрического сосуда оба эффекта в точности компенсируют друг друга, и давление на дно не изменяется, так как оно всегда равно весу жидкости, деленному на площадь дна.

Если сосуд суживается кверху, то при том же нагревании, а значит, и при том же изменении плотности жидкости ее уровень поднимается выше, чем в сосуде цилиндрической формы. Поэтому в данном случае эффект повышения уровня доминирует над эффектом уменьшения плотности, и давление на дно повышается. Если сосуд суживается книзу, давление на дно при нагревании, наоборот, уменьшается.

73. Когда птица будет парить под колпаком, равновесие весов не нарушится, так как птица все время должна отбрасывать воздух вниз, чтобы создать подъемную силу, поддерживающую ее в воздухе. При этом отбрасываемый вниз воздух будет создавать добавочное давление на дно, средняя величина которого будет равна весу птицы. Во время взлета и резких движений птицы величина этого давления может измениться, тогда стрелка весов начнет колебаться около положения равновесия.

74. Дощечку удерживает атмосферное давление воздуха, действующее на всю поверхность газетного листа.

75. Подсчеты показывают, что при стрельбе из револьвера пуля выталкивается давлением  $\approx 3 \cdot 10^7$  Па. Вода океана на глубине 3000 м оказывает такое же давление. Следовательно, на глубине больше 3000 м нельзя произвести выстрел из револьвера, так как порох сторит, а пуля не сдвинется с места.

76. Объяснить это явление помогает закон Паскаля. Сырое яйцо и стеклянный сосуд с водой передают удар пули (давление) во все стороны с одинаковой силой. Твердое тело передает давление только в одном направлении, а именно в направлении действующей силы удара.

77. Из условия равновесия жидкости в U-образном сосуде  $p + \Delta p = p + \rho gh$ , где  $h$  — разность уровней. Отсюда  $h = \frac{\Delta p}{\rho g}$ . Следовательно,  $h$  не зависит от площадей колен сосуда. Это означает, что точность измерений при подсоединении сосуда как к широкому, так и к узкому колену одна и та же.

## 5. Работа и энергия

78. Тело, движущееся по инерции, не совершает никакой работы, так как это движение происходит без действия силы. В действительности, если какому-либо телу, лежащему на горизонтальной поверхности, сообщить тол-

чок в направлении поверхности, то оно станет двигаться в этом направлении прямолинейно, но неравномерно и через некоторое время остановится. Причиной этого является трение тела о горизонтальную поверхность. Энергия, сообщенная телу в результате первоначального толчка, идет на преодоление трения.

79. Несмотря на то что в данном случае не совершается механическая работа в обычном смысле ( $\vec{s}=0$ ), она все же совершается мышечными волокнами человека в результате их непрерывного сокращения.

80. Если человек поднимается по лестнице эскалатора с постоянной скоростью, то среднее давление его на лестницу останется неизменным, равным весу человека. Следовательно, и сила, с которой мотор должен тянуть лестницу, останется неизменной. Однако поднимающийся по эскалатору человек раньше достигнет его вершины, а значит, и путь, пройденный эскалатором за время подъема человека наверх, будет меньше, чем в том случае, когда человек на лестнице эскалатора неподвижен. Поэтому работа, затраченная мотором эскалатора на подъем движущегося человека, будет меньше, чем работа, затраченная на подъем неподвижного (остальную часть работы совершит сам человек). Развиваемая мотором мощность останется неизменной, так как меньшая работа будет совершена за соответственно меньший промежуток времени.

81. Спортсмен отталкивается от земли в вертикальном положении, а проходит над планкой в горизонтальном. Центр тяжести спортсмена перед прыжком находится на высоте около 1,2 м, в момент преодоления планки — на высоте 2,1 м, то есть поднимается всего на 0,9 м. Затрачивая ту же энергию на Луне, спортсмен поднял бы центр тяжести своего тела на высоту  $0,9 \text{ м} \cdot 6 = 5,4 \text{ м}$ , и, таким образом, он преодолел бы высоту в  $1,2 \text{ м} + 5,4 \text{ м} = 6,6 \text{ м}$ . Это почти вдвое ниже, чем кажется с первого

взгляда. Правда, здесь не учтено, что непосредственно перед прыжком спортсмен несколько приседает и, следовательно, общий подъем центра тяжести больше.

**82.** Невесомость не имеет отношения к удару, так как при ударе нужно учитывать массы и скорости, а не вес тел. Масса космонавта остается постоянной, скорость его определяется ускорением силы тяги его ракетного двигателя. Удар можно считать неупругим. Кинетическая энергия космонавта после удара обратится в нуль. Она расходуется частично на нагревание ударившихся тел, частично на их деформацию (в данном случае ноги, например). Масса корабля намного меньше массы Земли. Поэтому при ударе о корабль заметная часть кинетической энергии космонавта будет превращена в кинетическую энергию корабля. Корабль приобретет дополнительную скорость, и болевое ощущение космонавта будет не таким большим, как если бы он с этой скоростью упал на землю.

**83.** Мяч подпрыгнул выше того уровня, с которого был брошен, потому что ему была сообщена начальная скорость, не равная нулю. Следовательно, и в данном случае закон сохранения полной механической энергии справедлив.

**84.** Если бы камешки были шарообразной формы, то при падении на гладкий пол высота их подскоков все время убывала бы. Но морские камешки не ровные, а поэтому при подскакивании они могут прийти во вращение. Кинетическую энергию, которую приобретает такой камешек к моменту соприкосновения с полом, можно представить составленной из двух частей: одна — способствует поднятию камня, а другая — проявляется в виде энергии вращения. Соотношение между этими энергиями зависит от следующего: если при одном подскоке часть энергии, идущая на поднятие камня, меньше, чем при другом, то, естественно, во втором случае камень поднимается выше.

85. Работа атмосферного давления одинакова в обоих случаях, но тратится она не только на подъем ртути, но и на трение и на сообщение ртути кинетической энергии, переходящей в конечном счете в тепло.

Пусть основная масса ртути, находящаяся в сосуде, сосредоточена в полости. Кинетическая энергия этой массы определяется скоростью, с которой ртуть втекала в полость. В полости эта скорость теряется, за счет чего кинетическая энергия превращается в тепло. В левом сосуде кинетическая энергия будет меньше, чем в правом, так как разность давлений, определяющая скорость втекания ртути в полость, в этом случае меньше. Следовательно, никакого противоречия между законом сохранения полной механической энергии и тем, что в сосудах за счет одной и той же работы запасаются различные потенциальные энергии, нет.

86. Рассуждение, приводящее к результату, что энергия тела равна  $\frac{mu^2}{2} + \frac{mv^2}{2}$ , является неверным. В аналогичных задачах надо складывать не энергии, а только скорости. Скорость тела относительно земли будет равна  $u + v$ . Следовательно, тело будет обладать энергией, равной

$$\frac{m}{2} (u + v)^2.$$

Можно рассуждать и так. Толчок, который получает поезд при броске тела, почти всегда можно не учитывать, так как масса поезда очень велика по сравнению с массой тела.

Если обозначить скорость поезда до толчка через  $u$ , то полная энергия брошенного тела будет равна

$$\frac{m}{2} ((u - \Delta u) + v)^2 = \frac{m}{2} ((u - \Delta u)^2 + 2v(u - \Delta u) + v^2)$$

или

$$\frac{m}{2} (u^2 - 2u \Delta u + \Delta u^2 + 2vu - 2v \Delta u + v^2).$$

При очень малых  $\Delta u$  полная энергия тела действительно равна

$$\frac{m}{2} (u + v)^2.$$

87. Когда крайний шар произведет удар по ряду других шаров, то произойдет их сжатие. Первый шар, получивший удар, расширяясь после сжатия, оказывает действие на второй шар, второй на третий и т. д. С момента удара по ряду шаров проходит как бы волна сжатия и расширения.

Все предшествующие шары были почти лишены возможности двигаться со своего места из-за следующих шаров, и, таким образом, энергия движения ударяющей массы почти целиком перешла в энергию волн сжатия. Иначе дело обстоит с последним шаром. После того как он деформировался от давления со стороны предшествующих шаров и затем снова расширился, он уже не встречает сопротивления. Энергия волн переходит в энергию движения, и последний шар приходит в движение со скоростью, соответствующей скорости волнообразного движения внутри предшествующих шаров и равной скорости ударяющего шара.

88. В неподвижной относительно оси системе отсчета сила натяжения стержня не совершает работы, так как она все время перпендикулярна скорости шарика. В движущейся системе эта сила совершает работу, отличную от нуля, и за счет ее меняется кинетическая энергия шарика.

89. Противоречие кажущееся. Из выражения потенциальной энергии, рассчитанной по закону всемирного тяготения, после преобразований вытекает, что для небольших высот потенциальная энергия поднятого над Землей тела равна  $Ph$ . Выражение  $Ph$  является приближенным и справедливо только для высот  $h \ll R$ , где  $R$  — радиус земного шара.

90. В формуле  $N = |\vec{F}| \cdot |\vec{v}|$  под  $N$  понимается мощность, развиваемая силой  $\vec{F}$ , а под  $\vec{v}$  — скорость точки приложения силы.

В равенстве  $N = 4|\vec{F}| \cdot |\vec{v}|$   $F$  — сила, приложенная к ободу колеса,  $\vec{v}$  — скорость центра колеса и  $N$  — мощность сил, приложенных к колесам со стороны двигателя. Поэтому равенство  $4|\vec{F}| \cdot |\vec{v}| = N$  неверно.

Что касается второго противоречия, то линия действия силы проходит не так, как показано на рисунке 25, а несколько левее, т. е. впереди центра колеса (колесо касается дороги по некоторой площадке). Момент этой силы относительно центра  $O$  направлен по часовой стрелке и уравнивает момент  $M$ , приложенный к колесу со стороны двигателя.

## 6. Движение жидкостей и газов

91. Скорость движения воды, вычисленная по формуле  $v = gt$ , будет иметь место лишь в конце промежутка времени  $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$  и совсем не может быть принята одинаковой на всем пути.

Поэтому определение времени течения жидкости через трубку делением всего пути на максимальную скорость, которой тело достигает лишь на самом последнем участке этого пути, неправильно. При расчете этого времени необходимо учитывать среднюю скорость движения воды.

Помимо этого, следует иметь в виду, что конечная скорость течения жидкости в трубке будет меньше скорости свободно падающего тела с той же высоты, так как при движении реальной жидкости в трубке действующий

напор пойдет не только на создание скорости течения, но и на преодоление гидравлических сопротивлений.

92. Пусть плотность воды  $\rho_1$ , масла —  $\rho_2$ . Приведем толщину слоя масла  $h$  к толщине эквивалентного, создающего такое же давление слоя воды  $h_1$ :

$$\rho_2 g h = \rho_1 g h_1,$$

откуда

$$h_1 = \frac{\rho_2}{\rho_1} h.$$

Теперь можно считать, что в сосуде находится только вода, налитая до высоты

$$h_2 = h + h_1 = h \left( 1 + \frac{\rho_2}{\rho_1} \right),$$

и скорость ее вытекания

$$v = \sqrt{2gh_2} = \sqrt{2gh \left( 1 + \frac{\rho_2}{\rho_1} \right)}.$$

93. В потоке жидкости давление уменьшается с увеличением скорости течения. Скорость течения воды в сосуде значительно меньше скорости течения в трубе, следовательно, и давление воды в сосуде больше, чем в трубе. Поэтому шарик, помещенный на сетку, оказывается прижатым к ней и не всплывает.

94. Открывать такой кран будет удобно. Но если его резко закрыть, давление в трубах повысится на величину, пропорциональную скорости течения и удельному весу жидкости, и может произойти разрушение труб. Это явление (так называемый гидравлический удар) подробно изучено профессором Московского университета Н. Е. Жуковским.

95. Главной причиной возникновения сопротивления является то, что позади тела среда (жидкость или газ) приходит в вихревое движение. В этом случае давление на переднюю поверхность тела не уравновешивается дав-

лением на заднюю поверхность: возникает некоторое сопротивление (рис. 74). Гидродинамический парадокс обнаружен петербургским академиком Л. Эйлером.

96. Вода имеет наибольшую скорость у поверхности и вблизи центра, так как здесь отсутствует трение о дно и стенки сосуда. В результате того что у поверхности и у дна вода движется с неодинаковой скоростью, по законам гидравлики возникает перепад давлений, вызывающий течение воды: центральное — от дна к поверхности кастрюли и у дна кастрюли — от ее краев к центру. Эти течения, преодолевая центробежную силу, собирают шарики к центру дна кастрюли.

97. Давление постепенно выравнивается, и машина будет работать лишь до тех пор, пока разности давлений между нижней и верхней половинами сосуда будет достаточно для поднятия воды по трубке в верхнюю половину сосуда.

98. Этот парадокс был объяснен Н. Е. Жуковским, который указал, что рассматриваемые два опыта отличаются друг от друга различным движением относительно стенок канала. В первом случае вода движется относительно стенок канала, во втором — вода покоится относительно его стенок. Жуковский экспериментально доказал, что влияние движения воды на стенки канала существенно. Очевидно, что влияние стенок будет тем

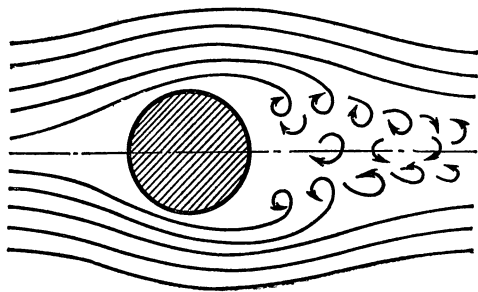


Рис. 74

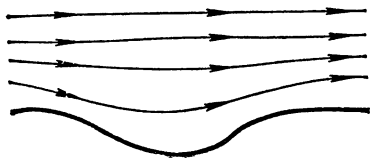


Рис. 75

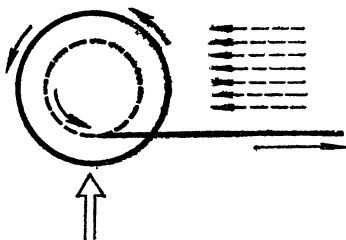


Рис. 76

больше, чем больше размеры пластинки относительно размеров сечения канала. Если пластинка находится далеко от стенок канала, то в данном случае можно пренебречь влиянием стенок.

Итак, когда пластинка покоится, то и скорость потока вблизи стенок из-за вязкости равна нулю (рис. 30, а). При движении пластинки в стоячей воде частицы жидкости имеют скорость  $\vec{v}$  относительно пластинки и вблизи стенок канала (рис. 30, б).

99. При наличии ветра в месте углубления поток воздуха расширяется (рис. 75), и поэтому скорость его уменьшается. В результате равновесие между увлекаемыми вверх и падающими вниз частицами нарушается: падает больше частиц, чем поднимается, и углубление постепенно заполняется снегом.

Аналогичные процессы происходят и в том случае, когда снег, переносимый ветром, встречает на своем пути какое-нибудь препятствие, например дерево. Перед стволом дерева с той стороны, откуда дует ветер, возникает восходящее движение воздуха. Оно приводит к тому, что с этой стороны ствола и с боков на поверхности снега образуется глубокая выемка. Перед выемкой и немного позади ствола, где скорость ветра меньше, образуется, наоборот, возвышение,

100. Воздух, вдуваемый через узкую часть воронки, обтекает внутреннюю ее поверхность и движется по продолжению этой поверхности, минуя пламя. Следовательно, чтобы потушить пламя, нужно соответствующим образом направить воронку. Если пламя окажется против центра воронки, то оно отклонится в сторону воронки потому, что воздух там от дуновения разрежается.

101. Когда мы дуем на пробку, пытаясь загнать ее в горлышко бутылки, струя воздуха проникает в бутылку через узкую серповидную щель. Скорость струи значительно увеличится. При этом воздух внутри бутылки сжимается и силой своей упругости выталкивает пробку. Чтобы заставить пробку войти в горлышко бутылки, необходимо не дуть на нее, а втягивать воздух в себя, тогда давление воздуха в бутылке понизится и пробка войдет внутрь ее.

102. Если расстояние между пластинками равно 1,5—2 см, то при сильном продувании воздуха через трубку нижняя пластинка отталкивается. Если же сблизить обе пластинки параллельно друг другу на расстояние 1 см и меньше, то нижняя пластинка будет притягиваться к неподвижной верхней.

Одна и та же струя воздуха производит два совершенно противоположных действия: отталкивание и притяжение. Это легко объясняется с помощью принципа Бернулли, согласно которому с увеличением скорости движения струи воздуха давление в ней уменьшается.

103. Под действием веса автомобиля шина несколько сдавливается в месте соприкосновения с поверхностью дороги. По мере вращения колеса вся шина проходит через этот процесс сдавливания. Сдавленное место перемещается в направлении, обратном вращению колеса. Поэтому воздух, находящийся в шине, также начинает двигаться в сторону, противоположную вращению колеса автомобиля.

**104.** Если в движущийся воздух (это равносильно движению цилиндра с той же скоростью в неподвижном воздухе) поместить вращающийся цилиндр (рис. 76), ось которого перпендикулярна вектору скорости воздуха, то цилиндр увлечет при своем движении слой воздуха, непосредственно прилегающий к нему. Следовательно, скорость слоя воздуха над цилиндром будет больше скорости слоя воздуха под цилиндром, так как в первом случае поступательная скорость воздуха складывается с линейной скоростью вращательного движения слоя воздуха, обволакивающего цилиндр, во втором случае эти скорости вычитаются. В том месте потока, где скорость больше, давление меньше, и наоборот. Вследствие этого цилиндр получит добавочное давление вверх.

**105.** Торпедный катер, стоящий неподвижно, погружается в воду настолько, чтобы вытеснить объем воды, равный своему весу. Когда же он движется, мощность мотора идет на создание динамической подъемной силы, аналогичной подъемной силе самолета. Эта подъемная сила уравнивает большую часть веса катера, поэтому он почти не погружается в воду, а скользит по поверхности.

## Молекулярная физика

### 7. Тепловое расширение

**106.** Весы будут показывать меньший вес, так как при нагревании объем керосина увеличивается, следовательно, увеличивается объем вытесненного им воздуха.

**107.** В комнате всегда существуют невидимые для глаза воздушные течения, порождаемые нагреванием или охлаждением воздуха. От нагревания воздух расширяется, становится легче, от охлаждения, наоборот, уплотняется, становится тяжелее.

Охлажденный воздух у окна опускается к полу, затем снова нагревается у печки (батареи) и вновь «путешествует» по комнате. Это перемещение воздуха мы и ощущаем, стоя у окна.

108. Образовавшиеся при горении газы и пары расширяются от нагревания и становятся легче, поэтому они не остаются на месте своего образования, а немедленно вытесняются вверх чистым воздухом. Иначе всякое пламя, погорев немного, гасло бы само собой.

109. Воздух, вдуваемый человеком в мыльный пузырь, теплый, значит, его плотность меньше плотности окружающего воздуха. Поэтому мыльный пузырь сначала поднимается. Через некоторое время воздух в пузыре охлаждается и мыльный пузырь падает.

110. Пузырек в уровне в жаркое время уменьшается вследствие теплового расширения сжимающей его воды, так как плотность воздуха намного меньше плотности воды.

## 8. Кинетическая теория газов

111. Плотность атмосферы с высотой уменьшается. Поэтому, чем выше летит самолет, тем меньшее сопротивление ему приходится преодолевать и тем большую скорость он может развить.

112. В очень разреженной атмосфере Марса скорость падения капель достигала бы сотен метров в секунду (на Земле она составляет 10—12 м/с). При этой скорости капли обладали бы значительной кинетической энергией и легко пробивали бы зонт из материи. В действительности в атмосфере Марса очень мало влаги и сильных дождей там быть не может.

113. Влажный воздух представляет собой смесь сухого воздуха и водяного пара. Исследования показывают, что водяной пар легче, чем атмосферные пары. Поэтому литр сухого воздуха при одинаковом давлении и температуре будет весить больше, чем литр влажного,

## 9. Теплота и работа

114. Второй.

115. Под действием воды на горячем угле появляются трещины. Поверхность соприкосновения угля с воздухом увеличивается, и он начинает лучше гореть. Кроме того, образующаяся при этом в топке смесь окиси углерода с водородом хорошо горит.

116. Мороженое тает потому, что оно поглощает теплоту из окружающего воздуха. По мере того как воздух, находящийся вблизи мороженого, охлаждается, он опускается вниз, а на смену ему приходит более теплый воздух. Чем скорее происходит этот обмен, тем быстрее будет таять мороженое. Вентилятор же ускоряет обмен воздуха, поэтому он не только не охладит мороженое и не сохранит его в твердом виде, а, наоборот, ускорит его таяние.

117. Медь обладает большой теплопроводностью.

118. В мороз птицы сидят нахохлившись, распутив перья, и тем самым создав возле своего тела воздушную рубашку. При полете воздух у тела птицы все время меняется, отнимая тепло. Эта потеря может быть настолько сильной, что птица замерзнет.

119. Металл обладает большой теплопроводностью и малой удельной теплоемкостью, благодаря этому температура внутри калориметра быстро выравнивается, а на нагревание его затрачивается мало тепла. Кроме того, излучение металла значительно меньше излучения стекла, что уменьшает тепловые потери.

120. Явление объясняется различной теплопроводностью металла и дерева. Одинаково нагретыми они будут казаться на ощупь при температуре, которую имеет рука человека, так как тогда не будет теплообмена.

121. Скорость охлаждения пропорциональна разности температур нагретого тела и окружающего воздуха. Поэтому следует сразу несколько охладить кофе, влив в

него молоко, чтобы дальнейшее остывание происходило медленнее.

**122.** В глубоких водоемах вода, как известно, промерзает не до дна. Самые нижние слои воды имеют температуру  $4^{\circ}\text{C}$ . Температура более высоких слоев понижается по мере приближения к поверхности, и самые верхние слои обращаются в лед.

Теплопроводность камня больше, чем теплопроводность воды, поэтому по каменным стенам от нижних теплых слоев воды и от дна водохранилища тепловые потоки поднимаются вверх. Эти потоки нагревают вышележащие слои воды, поэтому температура воды над постройками несколько выше и толщина льда меньше, чем в соседних местах.

**123.** Быстрота остывания шариков зависит не только от теплопроводности, но и от их теплоемкости. Чем больше удельная теплоемкость вещества, из которого сделан шарик, тем медленнее он нагревается и тем, естественно, медленнее остывает. В опыте Рихмана свинцовый шарик остывал быстрее других не потому, что он имеет большую теплопроводность, а потому, что теплоемкость свинца сравнительно невелика ( $0,031$  кал/г), теплопроводность же свинца тоже невелика.

**124.** Днем в жарких пустынях воздух теплее нашего тела. Теплота там передается от воздуха к телу. Поэтому чем большая масса воздуха успеет ежеминутно прийти в соприкосновение с телом, тем сильнее ощущение тепла.

**125.** При большой температуре окружающего воздуха человек потеет. Пот же, испаряясь, понижает температуру тела, чем и охраняет ее от ожогов. В горячей воде испарения не происходит, и кожа обжигается.

**126.** Сосуд не должен нагреваться потому, что при ударах о стенки молекулы отдают им часть кинетической энергии и сами становятся «холоднее», а при последующих соударениях о более нагретые стенки молекулы га-

за, наоборот, принимают часть энергии от стенок. В результате устанавливается термодинамическое равновесие, и сосуд нагревается.

## 10. Молекулярные свойства жидкости

127. Рассмотрим две капли воды в момент, когда одна из них только что вышла из трубки, из которой вытекает струя, а другая уже опустилась на некоторое расстояние, двигаясь ускоренно под действием земного притяжения. Следовательно, скорость нижней капли будет больше, чем скорость верхней. Если так, то расстояние между каплями возрастает. Струя воды становится все тоньше, пока силы поверхностного натяжения не создадут в ней перемычку и затем разорвут ее на капли.

128. Молекулярное давление в жидкостях не есть давление в обычном смысле слова, это эффект взаимного приближения молекул жидкости, заставляющий эти молекулы сближаться так, как если бы кто-нибудь сдавливал их извне. Мы не сможем непосредственно измерить молекулярное давление. Опустив манометр в жидкость, мы измерим только гидростатическое давление. Взаимодействие между стенкой и жидкостью очень мало. Любой предмет, а также и человек, находящийся в жидкости, сам обволакивается поверхностной пленкой, от которой силы действуют внутрь жидкости; следовательно, на всякий предмет, находящийся в жидкости, эти силы не действуют. Большая величина молекулярного давления обуславливает несжимаемость жидкости.

129. Брызги с трудом отрываются от поверхности воды, потому что этому препятствует поверхностное натяжение.

130. Вода, смочив плотно прижатые друг к другу пробки, удерживает их друг возле друга силой своего поверхностного натяжения.

131. Стекло не всплывает на поверхность потому, что оно не смачивается ртутью.

132. Бумага тонет потому, что в ее поры входит вода, вытесняющая оттуда воздух. Небольшая иголка может держаться на поверхности, так как она не смачивается и поверхностное натяжение воды ее удерживает.

133. Кусочки пробки, попадая в воду, смачиваются, и поверхностное натяжение воды притягивает их друг к другу.

134. Это объясняется тем, что растворяющийся в воде сахар увеличивает поверхностное натяжение, и тогда спички приближаются к нему, а мыло, содержащее жиры и щелочи, уменьшает натяжение, и спички «разбегаются» в стороны.

135. Вечное движение осуществить невозможно. В нашем опыте вода из капиллярной изогнутой трубки не будет вытекать (как это изображено на рисунке 38), так как вес стремящейся упасть воды оказывается меньше, чем сила поверхностного натяжения водяной пленки.

## 11. Изменение агрегатного состояния вещества

136. Каждый грамм воды, находящейся при температуре  $0^{\circ}\text{C}$ , будет замерзать, если от него отнять 335 Дж теплоты. Лед растает лишь в том случае, если ему сообщить на каждый грамм 335 Дж теплоты. Сосуд, в котором находится вода со льдом, не остывает и не нагревается. Следовательно, вода и лед будут находиться в термодинамическом равновесии.

137. Сосульки образуются при температуре воздуха ниже нуля. Но на скат крыши лучи солнца падают прямо; поэтому температура здесь поднимается выше нуля, и снег тает. Вода, стекая с крыши, замерзает, так как температура здесь ниже нуля.

138. Вода в спокойных условиях может не замерзать даже при температуре ниже нуля (такая вода называется переохлажденной). Поэтому, пока капля движется в холодном воздухе (температура может быть значитель-

но ниже нуля), вода в ней находится в жидком состоянии, но при ударе о какой-нибудь предмет или о землю она сразу же замерзает.

**139.** Вода замерзает при  $0^{\circ}\text{C}$ . Сначала она охлаждается до этой температуры, а потом начинает образовываться лед. Однако если сосуды сделаны из теплоизолирующего материала, то теплообмен через стенки будет очень мал и охлаждение происходит в основном за счет испарения с поверхности. При испарении над поверхностью жидкости образуется пар, давление которого все время меняется. Если сосуд закрыт, то этот пар довольно быстро становится насыщенным с давлением  $p_{\text{н}}$ , равным давлению насыщенного пара при данной температуре. Тогда дальнейшее охлаждение идет почти целиком за счет теплообмена. В нашем случае оба сосуда открыты. Как было сказано, жидкость испаряется до установления равновесия с паром, т. е. пока давление пара над поверхностью жидкости не станет равным  $p_{\text{н}}$ . Давление  $p_{\text{н}}$  зависит от температуры и растет при ее увеличении. Поэтому над горячей жидкостью давление пара намного меньше  $p_{\text{н}}$  и жидкость благодаря интенсивному испарению быстро охлаждается. При испарении масса воды все время уменьшается, поэтому, когда температура достигнет  $0^{\circ}\text{C}$ , в «горячем» сосуде воды будет гораздо меньше, чем в холодном. Дальнейшее охлаждение в обоих сосудах будет происходить в одинаковых условиях. А поскольку в «горячем» сосуде воды меньше, установлено, что от  $100$  до  $50^{\circ}\text{C}$  вода остывает в 9 раз быстрее, чем от  $50$  до  $0^{\circ}\text{C}$ . Таким образом, при определенных условиях, когда затруднен обмен с определенной средой, а свободная поверхность жидкости достаточно велика, кипятик замерзает быстрее, чем вода из-под крана.

**140.** Растение заполнено не водой, а тем или иным физиологическим раствором, который замерзает при температуре ниже нуля. Пока растение не замерзло, в нем продолжается подъем растворов по капиллярам, хотя и

очень медленно (из-за слабого испарения вблизи точки замерзания). При этом температура соков, поднимающихся из подземной части растения, немного выше нуля. Кроме того, многие растения покрыты волосками, которые задерживают движение воздуха. Создается неподвижный слой воздуха, являющийся хорошим изолятором.

**141.** Воздух, соприкасающийся с не покрытой снегом почвой, все время находится в движении, перемешивается. Этот движущийся воздух отнимает от земли тепло и усиливает испарение влаги. Воздух же, находящийся между частицами снега, малоподвижен и, как плохой проводник тепла, предохраняет землю от промерзания.

**142.** Количество содержащихся в одном кубическом метре воздуха водяных паров на улице и в комнате различно. При охлаждении стены холодным зимним воздухом вблизи ее температура воздуха в комнате понижается. Начиная с определенной температуры (точки росы), начинается конденсация паров (кирпичная стена мокнет). Охлаждение может быть настолько сильным, что образовавшаяся вода на стене замерзает появляется изморозь. Это объясняется тем, что кирпич обладает большей теплопроводностью, чем дерево. Поэтому при потеплении поверхность деревянной стенки быстро становится теплой.

**143.** Вследствие разности температур на кувшине, на той его части, где был квас, осели капельки росы.

**144.** Чашка настолько горяча, что раньше чем к ней успеет прикоснуться вся вода, она заставит испариться часть воды. Между водой и чашкой образуется тонкий слой пара. Благодаря этой паровой подушке, на которой держится вода, чашка и вода не соприкасаются друг с другом. Газы и пары являются очень плохими проводниками тепла, поэтому теплота чашки не может быстро пройти через плохо проводящую паровую подушку и привести воду в кипение.

145. Спирт испаряется гораздо быстрее, чем вода, и при этом за одну и ту же единицу времени поглощает большее количество тепла, которое и отнимается от руки.

146. К вечеру нагревание и подъем воздуха прекращается и внизу начинается охлаждение его от остывающей к ночи почвы. Облака, состоящие из мельчайших капелек воды, в это время начинают опускаться. Попадая в более теплые слои воздуха, они нагреваются и превращаются в невидимый водяной пар.

147. Шарик термометра А (рис. 40) обернут материалом, всасывающим воду. Благодаря пористости материал имеет очень большую наружную поверхность, что способствует усиленному испарению воды. В сухом воздухе испаряется большая часть воды из влажного чехла шарика. Для испарения необходима теплота, которая берется у самой воды. Когда слой воды в пористом чехле шарика вследствие этого значительно охладится, тогда вода будет поглощать теплоту стекла термометра, а оно в свою очередь поглощает теплоту ртути. В результате чего ртуть сжимается и занимает меньший объем. Термометр покажет более низкую температуру.

148. Когда вы выходите из воды, то происходит испарение капелек воды, оставшихся на теле. Поглощая при этом много тепла, они отбирают его не только у воздуха, но и у тела. Тело охлаждается, и воздух начинает казаться холоднее воды.

149. Вода не закипит потому, что она не будет получать необходимого для этого тепла. Подводимое к баку тепло будет расходоваться на испарение находящейся в нем воды.

150. Сырая вода закипит быстрее, так как в кипяченой меньше растворенного воздуха.

151. При включенной горелке пары воды попадают в токи горячих газов и уносятся ими вверх, оставаясь невидимыми. При выключенной горелке пар попадает сразу в

холодный комнатный воздух и конденсируется в хорошо видимый туман.

**152.** Это объясняется тем, что пузырьки пара быстрее образуются на выступающих точках поверхности сосуда. В сосуде с гладкой поверхностью образование пузырьков затрудняется, поэтому в нем вода не закипает дольше.

**153.** Сварить яйцо вкрутую на Марсе невозможно. Вследствие разреженности атмосферы вода закипит при температуре более низкой, чем необходимо для свертывания белка.

**154.** Процесс отвердевания (кристаллизации), подобно конденсации, должен происходить тогда, когда уже имеются центры кристаллизации в виде мельчайших кристаллов. Если таких кристаллов нет, то можно, особенно при быстром охлаждении, осуществить переохлаждение жидкости. Такое состояние изображено пунктирной кривой на рисунке 77. При достаточно сильном переохлаждении начинается самопроизвольное образование центров кристаллизации и жидкость кристаллизуется. При кристаллизации переохлажденной жидкости температура ее повышается и при не очень сильном переохлаждении достигает нормальной температуры кристаллизации  $t$ .

**155.** Соль, растворяясь, поглощает большое количество тепла и понижает температуру льда не только до нуля градусов, но и ниже температуры плавления льда при давлении, создаваемом проволокой.

**156.** При замерзании влажной почвы выделяется значительное количество теплоты плавления льда, которая идет на нагревание почвы.

**157.** Лед тает за счет тепла, образующегося при трении лезвия коньков о лед.

**158.** Вследствие анизотропии кристалла он при нагревании расширяется по различным направлениям неодинаково.

**159.** Решетка кристалла поваренной соли состоит из ряда параллельных плоскостей. Каждая из плоскостей

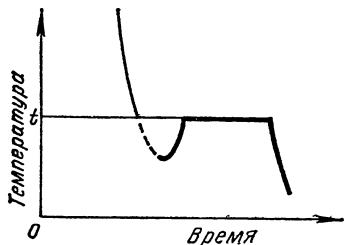


Рис. 77

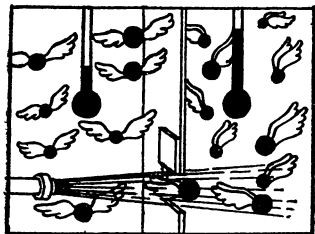


Рис. 78

заполнена тесно связанными атомами натрия и хлора, расположенными в углах прямоугольника. Атомы же соседних плоскостей слабо связаны друг с другом, расстояние между соседними плоскостями намного превышает расстояние между атомами прямоугольника, поэтому кристалл поваренной соли легко раскалывается вдоль этих плоскостей.

160. Различная ориентация кристалликов приводит к тому, что свойства поликристаллического тела по всем направлениям в среднем одинаковы.

161. Чем мельче зерна, тем число их в металле больше. Это сильно затрудняет возникновение пластических деформаций в кристалле. Поэтому металлы с мелкозернистой структурой труднее поддаются деформации.

## 12. Тепловые машины

162. Теплота, сообщаемая телу при нагревании, увеличивает энергию теплового движения молекул тела, а также превращается в работу по преодолению сил, препятствующих тем или иным изменениям, связанным с нагреванием.

Например, если нагревать газ в цилиндре, закрытом неподвижным поршнем, то часть тепловой энергии совершит работу по поднятию поршня. Известно, что теплоем-

кость газа в этом случае больше, чем газа, нагреваемого при неизменном объеме. При медленном охлаждении цилиндра с газом поршень, опускаясь, выделяет обратно затраченную на его подъем энергию и количество теплоты, выделенной при охлаждении газом, будет равно тому, которое было затрачено на нагревание. Иначе будет, если поршень не сможет отдать газу ту работу, которую газ затратил на его перемещение. Этот случай имеет место во всех тепловых двигателях. Здесь при охлаждении пара или газа тепла выделяется меньше, чем было затрачено на его нагревание. Недостающее тепло перешло в механическую энергию, отдаваемую двигателем.

**163.** Перегрев пара исключает конденсацию его в паропроводах и в цилиндрах паровых машин, дает возможность на каждый ход поршня использовать меньшее количество пара, а значит, и меньше расходовать топлива.

**164.** При большом сжатии может произойти самовоспламенение горючей смеси еще до того, как поршень дойдет до верхней «мертвой точки».

**165.** КПД идеальной тепловой машины зимой возрастает по сравнению с летом. Однако зимой потери энергии на трение возрастают из-за увеличения вязкости масел в двигателе, коробке передач, дифференциале заднего моста и смазки различных подшипников. Поэтому реальный КПД автомобиля зимой меньше летнего. Кроме этого, зимой расходуется много бензина на разогрев холодного двигателя при запуске. В целом расход бензина зимой больше, чем летом.

**166.** Современная физика разъяснила парадокс Максвелла. Чтобы знать, какая молекула подлетает к дверце, робот должен ее видеть или получить от нее какой-либо другой сигнал. Передача любого сигнала требует затраты энергии, по крайней мере одного кванта — меньших порций энергии просто не существует.

Современный робот — сложное кибернетическое устройство. Оно действует по всем правилам науки: осве-

щает молекулы (рис. 78) и принимает от них сигналы в виде отраженного света. И вот точные расчеты показывают, что даже самый чуткий робот, узнающий молекулы по одному отраженному кванту, истратит больше энергии на получение информации о движении молекул, чем выработает электростанция, использующая созданную роботом разность температур. Затраты на получение информации не оправдываются. Значит, вечный двигатель построить нельзя.

## Основы электродинамики

### 13. Электростатика

**167.** Нет. Направление касательной к силовой линии совпадает с направлением силы, действующей на заряд, а значит, с направлением ускорения заряда. Траектория же движения заряда — это линия, направление касательной к которой совпадает с направлением действующей силы.

**168.** Нельзя. Действительно, если бы с землей была соединена не левая половина проводника  $B$ , а правая, то он зарядился бы отрицательно. Но все точки проводника  $B$  имеют один и тот же потенциал. Следовательно, он зарядится отрицательно и в случае соединения земли с его левой половиной.

**169.** Вопрос о стеклянной палочке решается просто. Достаточно один ее конец потереть, например, мехом, чтобы получить на ней отрицательный заряд, а другой — кожей, чтобы получить положительный заряд. Но медная палочка — проводник, и поэтому разноименные заряды в ней должны мгновенно нейтрализоваться. Здесь поступают так: наэлектризованную стеклянную палочку, потертую о кожу, подносят к медной палочке, укрепленной на изоляторе. Тогда на ее ближайшем к стеклянной па-

лочке конце возбуждятся отрицательный заряд, а на противоположном конце — положительный под влиянием индукции.

170. Проводник  $A$  — полый, проводник  $B$  находится внутри  $A$ .

171. Формула  $\varphi = \frac{q}{4\pi \epsilon_0 \epsilon r}$  справедлива для шарика только в том случае, когда вблизи него нет других проводников. В действительности же в момент соприкосновения потенциал шарика больше, чем потенциал сферы. Только после того как заряд перейдет на сферу, потенциалы этих двух тел сравниваются. Следовательно, заряд в этом случае самопроизвольно движется от большего потенциала к меньшему, а не наоборот.

172. Потенциал точки  $A$  выше потенциала точки  $B$  лишь до тех пор, пока в поле не внесен проводник  $AB$ . После внесения этого проводника в нем начнется перемещение зарядов, благодаря чему конец  $B$  зарядится положительно, а конец  $A$  — отрицательно. В результате в проводнике образуется поле, направленное противоположно первоначальному. Складываясь, эти поля уничтожают друг друга.

173. По углу отклонения стрелки электромметра мы судим о потенциале шара, который, как известно, определяется формулой

$$\varphi = \frac{q}{C},$$

где  $\varphi$  — потенциал проводника,  $q$  — заряд, а  $C$  — емкость шара, в системе СИ равная  $4\pi\epsilon_0\epsilon r$  ( $\epsilon_0$  — электрическая постоянная,  $\epsilon$  — диэлектрическая проницаемость). В данном же случае радиус шара изменяется, что и определяет изменение потенциала.

174. На керосин в левом колене, кроме веса, направленного вниз, действуют электростатические силы. При этом те и другие силы приложены к каждому из элементов объема жидкости. В результате гидростатическое

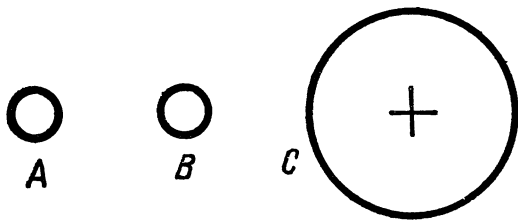


Рис. 79

давление в керосине будет ослаблено, как если бы его плотность уменьшилась. Поэтому подъемная сила, действующая на шарики в левом колене, будет такой же, как и в правом.

175. Работа электрических сил пропорциональна не только потенциалу, но и заряду, т. е. пропорциональна  $\varphi$  и  $q$ .

176. Если эти проводники находятся в электрическом поле, созданном другими телами, то разности потенциалов может и не быть. Пусть, например, незаряженные металлические шары  $A$  и  $B$  находятся в поле положительно заряженного шара  $C$  (рис. 79). Если соединить шары  $A$  и  $B$  тонкой проволокой, то шар  $A$  зарядится положительно, а шар  $B$  — отрицательно, причем потенциалы их будут одинаковы. Убрав теперь проволоку, получим два разноименно заряженных проводника, между которыми нет разности потенциалов.

177. Электрический ток, подобно струе воды, может течь и от более низкого к более высокому потенциалу. Так, например, течет электрический ток внутри гальванического элемента и струя воды при выкачивании ее из колодца.

178. Закон Кулона справедлив только в том случае, если размеры заряженных тел значительно меньше расстояния между ними. Для пластин плоского конденсатора это условие не выполняется, поэтому силу притяжения

пластин конденсатора друг к другу нельзя рассчитывать по закону Кулона.

179. Нет, так как напряженность поля одной пластины  $\frac{E}{2}$ . Следовательно, сила, действующая на другую пластину,  $\frac{1}{2} qE$ .

180. Ошибка заключается в том, что мы не учитываем работы при погружении зарядов в воду и подъеме из воды. При приближении зарядов к границе раздела вода — воздух возникает упорядоченное расположение молекул на поверхности воды, так что работой передвижения зарядов в вертикальном направлении нельзя пренебречь. Работа, затраченная при вертикальных перемещениях раздвинутых зарядов, будет больше, чем сдвинутых (так как поле на границе диэлектрика сильнее), и полная работа за цикл будет равна нулю.

181. Ушла на джоулево тепло.

182. Напряженность поля не изменится, так как не изменилась разность потенциалов между обкладками.

183. Чтобы поместить в электрическое поле плоского конденсатора электрон, необходимо затратить работу против сил поля. Поэтому вблизи отрицательно заряженной пластины конденсатора электрон будет обладать потенциальной энергией. За счет превращения части этой энергии в кинетическую энергию электрон при движении между пластинами плоского конденсатора будет ускоряться.

184. Нет. Формула  $C = \frac{\epsilon_0 S}{d}$  верна лишь при небольших  $d$ . Если обкладки расположены бесконечно далеко друг от друга, сообщим им заряды  $+q$  и  $-q$ . Тогда потенциал первой обкладки  $\varphi_1 = \frac{q}{C}$ ; второй  $-\varphi_2 = -\frac{q}{C}$ , где  $C$  — емкость одной обкладки, которую мож-

но рассматривать как уединенный проводник. Следовательно, емкость конденсатора, образованного этими обкладками,

$$C_1 = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2} = \frac{q}{\frac{q}{C} - \left(-\frac{q}{C}\right)} = \frac{1}{2} C,$$

так как  $C \neq 0$ , следовательно,  $\frac{1}{2}C \neq 0$ .

**185.** Вблизи клемм аккумулятора электрическое поле слишком слабое.

**186.** Между пластинами и раствором кислоты действуют неэлектростатические силы. В этом случае разные участки проводника будут иметь различные потенциалы.

#### **14. Постоянный электрический ток**

**187.** Потому что они сталкиваются с атомами и теряют свою скорость.

**188.** Скорость электрического тока — это скорость распространения электрического поля, побуждающего электроны двигаться вдоль провода, а не скорость самих свободных электронов. Если бы ток распространялся со скоростью электронов, то телеграмма, посланная из Минска в Москву, могла бы прийти туда примерно через 8,5 лет. В осветительной сети скорость движения электронов составляет 1—3 мм в секунду. За час электроны передвигаются на расстояние всего лишь 10 м.

При переменном токе свободные электроны совершают лишь колебания около среднего положения равновесия и вообще не перемещаются на большие расстояния.

**189.** Изолированный провод оказывается менее нагретым благодаря тому, что его «одежда» (изоляция) обладает меньшим тепловым сопротивлением, чем воздух.

**190.** Амперметр будет показывать 0,05 А.

**191.** Наличие электростатического поля недостаточно для появления электрического тока. Чтобы в замкнутой цепи возник постоянный ток, необходимы неэлектростатические силы (сторонние).

192. В случае батареи элементов способ включения в нее спиралей влияет на напряжение во внешней цепи. При последовательном включении спиралей напряжение равно  $\frac{12}{19} \text{ А} \cdot 10 \text{ Ом} \approx 6,3 \text{ В}$ ; при параллельном —  $\frac{12}{11,5} \text{ А} \cdot 2,5 \text{ Ом} \approx 2,6 \text{ В}$ , тогда как в городской электросети напряжение остается постоянным независимо от способа включения спиралей.

193. Сопротивление практически будет бесконечно большим, так как удельное сопротивление и площадь электродов  $S$  очень малы по сравнению с расстоянием  $l$  между электродами.

194. Пусть мы хотим использовать ток силой всего в 1 А. Тогда при определенном напряжении мы не сможем брать произвольное сопротивление. По закону Ома

$$R = \frac{220 \text{ В}}{1 \text{ А}} = 220 \text{ Ом}.$$

Отсюда видно, что с увеличением сопротивления неизбежно понижается сила тока. Количество же теплоты, выделяемое проводником с током, пропорционально квадрату силы тока. Следовательно, с увеличением сопротивления в два раза сила тока уменьшается в два раза. Количество выделившейся теплоты уменьшается при этом в четыре раза в связи с уменьшением силы тока и увеличивается в два раза с увеличением сопротивления, т. е. в результате количество теплоты уменьшается в два раза. Вместо выигрыша — проигрыш.

195. Постоянной является лишь сумма работ, совершаемых во внутренней и внешней частях цепи. С ростом внешнего сопротивления увеличивается работа на внешнем участке и соответственно уменьшается на внутреннем.

196. Сопротивление электрическому току может быть либо положительным, либо равняться нулю. Отрицательным оно никогда не бывает.

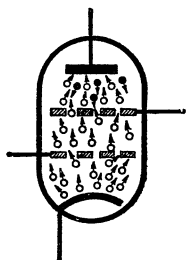


Рис. 80

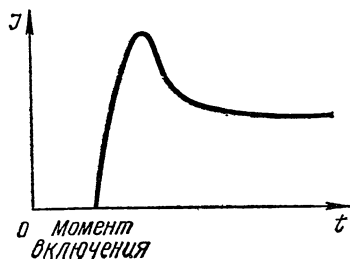


Рис. 81

В данном случае электроны, образующие анодный ток, с силой ударяясь об анод, выбивают из него так называемые вторичные электроны. Эти электроны летят к экранирующей сетке, образуют в лампе ток  $I \bullet$ , текущий противоположно направлению основного потока электронов  $I \circ$ , и уменьшают его (рис. 80). В итоге действующий анодный ток  $I_{\text{общ}}$  равен разности двух указанных токов

$$I_{\text{общ}} = I \circ - I \bullet.$$

197. Совершенно очевидно, что ток будет наибольшим в момент включения, когда нити накала еще совсем не нагреты и их сопротивление минимально. Поэтому в момент включения приемника, телевизора или усилителя наблюдается бросок тока, по величине в несколько раз превышающий ток, потребляемый при нормально установленном режиме. В результате этого увеличения тока и перегорает предохранитель, если он взят без должного запаса или если имевшийся запас оказался утраченным.

На рисунке 81 изображена зависимость анодного тока  $I$  от времени  $t$ .

198. Сопротивление лампочки от карманного фонаря мало — несколько Ом. Сопротивление всей гирлянды — несколько сотен Ом. Сопротивление пальца — несколько тысяч Ом. При последовательном соединении падения напряжений на участках цепи пропорциональны сопротивлениям участков; поэтому на палец, если его сунуть в патрон, придется практически все напряжение сети.

199. При напряжении 127 В нить электрической лампочки будет накалена меньше, т. е. будет иметь более низкую температуру, а следовательно, меньшее сопротивление. Поэтому мощность лампы должна уменьшиться менее, чем в 3 раза.

200. При коротком замыкании напряжение близко к нулю потому, что вследствие большой величины тока велико падение напряжения внутри источника тока.

201. Лампочки трамвая включаются последовательно по шесть штук на напряжение 600 В. Таким образом, каждая из лампочек трамвая находится под напряжением около 100 В.

202. Вольтметр будет показывать ЭДС источника. Величина изменения показаний вольтметра зависит от соотношения сопротивления лампочки и внутреннего сопротивления источника тока.

203. Искомое направление зависит от того, какова цепь в целом. Например, если она имеет вид, показанный на рисунке 82, а, то будет прав первый учащийся. Если же цепь будет такой, как на рисунке 82, б, и  $\mathcal{E}_2$  будет создавать на участке  $ACB$  ток больший, чем создает  $\mathcal{E}_1$ , то окажется прав второй ученик.

204. Приведенные рассуждения неверны. При параллельном соединении элементов ЭДС батареи будет равна ЭДС одного элемента  $\mathcal{E}$ , внутреннее сопротивление  $\frac{r}{n}$  и

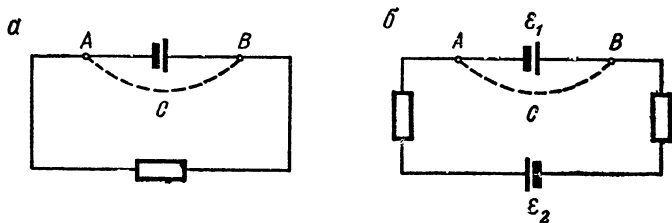


Рис. 82

общее сопротивление цепи станет равным  $R + \frac{r}{n}$ . Сила тока в такой цепи определится по формуле

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + \frac{r}{n}},$$

т. е. ток в цепи будет существовать.

205. Обе формулы тождественны, так как  $I = \frac{U}{R}$ . При последовательном соединении двух проводников количество теплоты, выделяемой в них, пропорционально их сопротивлениям:  $Q = I^2 R t$ , так как при одной и той же силе тока количество теплоты будет зависеть от напряжения, а оно больше на проводнике с большим сопротивлением.

При параллельном соединении двух проводников количество теплоты, выделяемое в каждом из них, обратно пропорционально их сопротивлениям, т. е.  $Q = \frac{U^2}{R} t$ , так как при одном и том же напряжении количество теплоты будет зависеть от силы тока, а она больше у проводника с меньшим сопротивлением.

206. Нелепый результат ( $r = -R$ ) получается потому, что в самой постановке вопроса сделано неправильное допущение, будто между точками  $A$  и  $B$  существует не равная нулю разность потенциалов. В формуле  $I = \frac{U}{r}$  вели-

чина  $U$  является не разностью потенциалов, а той долей распределенной по всему контуру ЭДС  $\mathcal{E}$ , которая приходится на его короткий участок, имеющий сопротивление  $r$ .

На длинный участок контура приходится доля  $V$  ЭДС. Величина  $V$  может быть определена (по закону Ома) из равенства  $I = \frac{V}{R}$ . Для всей цепи

$$I = \frac{U+V}{r+R} = \frac{\mathcal{E}}{r+R}.$$

**207.** Полная энергия электрона равна сумме кинетической и потенциальной энергий. При приближении к кольцу потенциальная энергия электрона в поле кольца уменьшается, и за счет этого растет кинетическая энергия. Пройдя сквозь кольцо, электрон удаляется от него. При этом скорость постепенно уменьшается до нуля, а потенциальная энергия электрона увеличивается.

**208.** Так как потребители электрической энергии включаются параллельно, то сопротивление цепи и напряжение в момент включения падают. Когда металлическая спираль плитки нагреется, сопротивление цепи немного возрастет, что ведет к некоторому увеличению напряжения и яркости горения ламп. Сопротивление же угля с повышением температуры уменьшается. Поэтому в момент включения нагрузки напряжение упадет немного, а затем еще больше снизится, когда лампы прогреются.

**209.** Формула Джоуля — Ленца не применима к нашему случаю, так как электроны летят в лампе от катода к аноду с огромной скоростью (тысячи километров в секунду). Достигнув анода, они продолжают движение в нем, но уже со скоростью, измеряемой миллиметрами в секунду.

На поверхности анода происходит резкое торможение электронов. Электроны ударяются о частицы материала анода и отдают им свою энергию движения, Кинетиче-

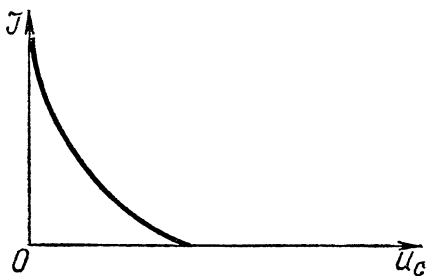


Рис. 83

ская энергия превращается в тепловую. Итак, анод нагревается в результате резкого торможения электронов.

**210.** Хорошая проводимость мокрой земли делает ее более безопасной. Человек вместе с землей образует разветвленную цепь, где токи распределяются обратно пропорционально сопротивлениям. Сопротивление человеческого тела достигает нескольких тысяч омов. Оно несравненно больше сопротивления земли. Поэтому те сравнительно небольшие разности потенциалов, которые оказываются приложенными к ногам человека, при наличии хорошего параллельного проводника (мокрой земли) не могут вызвать в теле смертельный ток.

## 15. Электрический ток в различных средах

**211.** В процессе беспорядочного движения под действием электростатических сил взаимного притяжения разноименные ионы в электролите могут встречаться друг с другом и объединяться в нейтральные молекулы. Эти молекулы, просуществовав некоторое время, снова могут распасться на ионы. Таким образом, электролитическая диссоциация внутри электролита поддерживается за счет действия молекул растворителя на молекулы рас-

творенного вещества и за счет беспорядочного движения молекул и ионов электролита.

**212.** Дело в том, что при электролизе происходит поляризация электродов и каждая ванна приобретает ЭДС, направленную против тока, идущего от конденсатора. Вследствие этого конденсатор не может разрядиться целиком. Чем больше мы возьмем ванн, тем больше суммарная ЭДС поляризации и, следовательно, тем больший заряд останется на конденсаторе. Энергия гремучего газа будет всегда меньше энергии заряженного конденсатора.

**213.** Понижение температуры газа означает уменьшение средней скорости движения его молекул, уменьшение числа столкновений между ними. При комнатной температуре сила взаимных столкновений большинства молекул газа так мала, что в процессе столкновений не может происходить распад молекул на ионы.

**214.** При перемещении ползунка реостата вверх увеличивается отрицательный потенциал на сетке электронной лампы. Вследствие этого показание миллиамперметра уменьшится (рис. 83).

## **16. Магнитное поле. Электромагнитная индукция**

**215.** Объемный электрический заряд в проводниках с электрическим током равен нулю (число электронов и число положительных ионов одинаково). Действуют лишь магнитные силы, которые при одинаковом направлении токов притягивают проводник друг к другу. В катодных пучках участвуют только электроны — объемный заряд пучков не равен нулю. Силы взаимодействия электрических полей между пучками вследствие одноименности их зарядов будут силами отталкивания. Магнитные поля катодных лучей слишком слабы и не могут противодействовать силе электрического взаимодействия.

**216.** На второй катушке намотан провод, сложенный вдвое, то есть она имеет так называемую бифилярную

обмотку. При такой обмотке в каждом двух соседних витках ток имеет противоположное направление. Действие тока одного направления уничтожается действием тока другого направления, поэтому суммарный магнитный поток в обмотке должен равняться нулю, катушка не будет иметь магнитных свойств. Первая же катушка имеет обыкновенную обмотку.

**217.** Опыт лучше производить утром или днем, когда по телевизору передают сетку для настройки. В центре сетки имеется маленький кружок. Поднесем магнит одним полюсом к экрану. Кружок в центре сетки сместится вверх или вниз. Изображение на экране создает электронный луч, идущий из глубины трубки на зрителя. Магнит отклоняет движущиеся электроны, поэтому изображение смещается. Направление действия магнитного поля на заряд определяется по правилу левой руки. Силовые линии идут от северного к южному полюсу магнита. А направлением тока в правиле левой руки считается «техническое» направление — от плюса к минусу. Так двигались бы положительные заряды. В кинескопе движутся электроны, они летят на нас. Поэтому вытянутые пальцы левой руки должны быть направлены в экран. По смещению центрального кружочка сетки определяем, какой полюс поднесен к экрану, северный или южный.

**218.** Звонок непрерывно размыкает цепь, что ведет к возникновению в обмотке электромагнита значительной электродвижущей силы индукции, которая и ощущается руками.

**219.** Когда мы опускаем магнит по стержню, происходит замыкание магнитной цепи железом стержня, и конец его перестает намагничиваться.

**220.** Нужно взять небольшой железный предмет, например нож, и помещать его попеременно то между полюсом магнита и гвоздем, то над ними. Железный предмет в данном случае представляет собой магнитный экран. Когда он помещен между полюсом магнита и гвоз-

дем, то магнитные силовые линии замыкаются в нем и гвоздя не достигают. Когда мы поднимаем железный предмет, то гвоздь притягивается к магниту и отклоняется от вертикали. Несколько таких манипуляций, и гвоздь начинает качаться.

**221.** Это может произойти в том случае, если неправильно соединить обмотку одной катушки с другой. Оба полюса получатся южные или северные. Исправить это можно так: повернуть одну катушку к полюсу сердечника другим концом.

**222.** Если обе катушки имеют общий сердечник, и по одной из них пропущен переменный ток, то в другой возникает индукционный ток той же величины тогда, когда катушки имеют одинаковое количество витков.

При разном числе витков в катушках токи в них будут обратно пропорциональны числу витков.

В данном случае вторичная катушка представляет собой один виток, поэтому возникающая в ней сила тока вполне достаточна, чтобы нагреть этот виток.

**223.** Часть колеса, под которой находится зажженная горелка, накаливается докрасна, остальная часть не успеет раскалиться вследствие соприкосновения ее с воздухом. Накаленное железо при  $770^{\circ}\text{C}$  не притягивается магнитом. Поэтому ненакаленная часть притягивается сильнее, чем горячая, и колесо начинает вращаться, причем накаленная часть будет все время охлаждаться вследствие соприкосновения ее с воздухом.

## Колебания и волны

### 17. Механические колебания и волны. Звук

**224.** Это происходит оттого, что мы видим, как физкультурники делают движение, гораздо раньше, чем до нас доходит соответствующий движению такт музыки.

**225.** Закрытые дверь и окно заглушают звуки потому, что значительная часть звуковых волн, падающих на их поверхность, отражается назад и количество энергии, падающей в комнату, значительно уменьшается.

**226.** Ультразвуковые колебания обеспечивают большую точность локации. Они отражаются от предметов, размеры которых превышают длину волны звука. Поэтому ультразвуковые колебания обеспечивают и большую чувствительность локации.

**227.** Самолет был реактивным, значит он пролетел такое же расстояние, которое прошел и звук от него. Так как скорость звука при температуре  $-10^{\circ}\text{C}$  равна  $325\text{ м/с}$ , то самолет, летящий с такой же скоростью, делал  $1170\text{ км/ч}$ .

## **18. Электромагнитные колебания**

**228.** Высокочастотные токи распространяются лишь по поверхности проводника. Поэтому витки катушки передатчика и покрыты снаружи серебром — одним из лучших проводников электрического тока. А по внутренним частям проводника высокочастотный ток не течет, поэтому дорогое и тяжелое серебро можно заменить стеклом.

**229.** Ни постоянный, ни переменный ток не проходит через конденсатор. Диэлектрик является хорошей преградой на пути переменного и постоянного тока. При замыкании цепи постоянного тока ток в ней будет течь столько времени, сколько необходимо для полного заряда конденсатора. В цепи переменного тока происходит периодически перезарядка конденсатора. Чем больше емкость конденсатора, которая частично определяется родом диэлектрика, тем больше зарядов потребуется для его перезарядки, значит, тем больше будет ток в цепи.

**230.** Лампа накаливания, питаемая переменным током, светит не мигая вследствие так называемой «тепло-

вой инерции». Ее раскаленная нить не может отзываться на быстрые изменения напряжения, число которых у переменного тока равно 100 циклам в секунду (при 50-периодном переменном токе). Не успевая остывать за малые доли секунды, нить излучает ровный свет.

231. Сопротивление катушек будет больше 10 Ом. Ток в городской цепи переменный, поэтому сопротивление катушки

$$Z = \sqrt{R^2 + R_L^2},$$

где  $R$  — омическое сопротивление,  $R_L$  — индуктивное сопротивление.

После включения второй катушки  $R$  стало вдвое меньше, а  $R_L$  осталось прежним, так как роль второй катушки свелась к увеличению поперечного сечения первой. Следовательно, сопротивление  $Z$  уменьшится менее чем в два раза, т. е. будет больше 10 Ом.

232. Полное сопротивление цепи переменного тока определяется выражением

$$Z = \sqrt{R^2 + (R_L - R_C)^2},$$

где  $R_L$  — индуктивное сопротивление,  $R_C$  — емкостное сопротивление.

При увеличении каждого из них  $Z$  может уменьшиться.

233. Когда конденсатор разряжается полностью, ток в контуре достигает максимальной величины. К этому моменту достигает максимального значения энергия магнитного поля, запасенная в катушке. Наличие запаса этой энергии и служит причиной того, что процесс разрядки конденсатора не прекращается.

Дальнейшее изменение тока в сторону его ослабления порождает ЭДС индукции такого направления, при котором за счет уменьшения запасенной магнитной энергии поддерживается величина и прежнее направление тока.

В итоге этот процесс приводит не только к исчезновению магнитной энергии, но и к перезарядке обкладок конденсатора. Последнее состояние конденсатора не является равновесным, и начинается его разрядка в обратном направлении.

## 19. Использование электрической энергии

234. Направление вращения мотора постоянного тока зависит от направления тока, идущего через мотор. Для изменения направления движения трамвая в нем существует приспособление, которое меняет полярность на концах обмотки мотора. Тот конец, который при движении вперед соединяется с дугой, при движении назад соединяется с колесами и наоборот.

235. Трамвай может давать энергию в цепь, но это бывает редко. Электромотор постоянного тока, применяемый в трамвае, обратим, т. е. при вращении дает ток, как динамо-машина. При очень быстром вращении мотора, когда трамвай идет с горы, может случиться, что напряжение, создаваемое им, станет больше, чем напряжение сети, и ток пойдет в сеть.

236. В якоре электромотора, как и во всяких проводниках, движущихся в магнитном поле, возникает ЭДС индукции. Она обратна ЭДС тока, питающего мотор, и пропорциональна числу оборотов якоря. Чем больше эта обратная противодействующая сила, тем меньше поступает тока из сети в мотор.

## Оптика

### 20. Геометрическая оптика

237. Причина в том, что источник света (пламя свечи) вытянут в вертикальном направлении. Когда вилка расположена вертикально, то для каждого из зубцов грани-

ца света и тени на экране от всех частей источника расположена примерно в одних и тех же местах, и поэтому получается отчетливая тень зубцов. Когда вилка расположена горизонтально, то граница света и тени от одной части источника для данного зубца будет сдвинута на экране относительно границы света и тени, создаваемой другой частью источника от того же зубца, а поэтому вся тень вилки будет размыта.

238. Длина тени провода практически не меняется в течение дня, так как она всегда примерно равна расстоянию между основаниями столбов.

239. Дополнительное изображение предмета появляется потому, что часть световых лучей, отраженных слоем амальгамы в глубине зеркала, отражается от границы стекло — воздух и вновь попадает на амальгаму.

240. Рассмотрим рисунок 84, а. Луч  $AB$  после отражения пошел влево, луч  $DE$  — вправо по  $EF$ . Найдем теперь точку  $B$  (рис. 84, б), от которой падающий слева луч  $AB$  отразится вертикально вверх.

$\widehat{ABC} = 90^\circ$ . Значит, точку  $B$  можно найти как точку, в которой перпендикуляр к поверхности шара составляет угол  $45^\circ$  с направлением падения луча. Это радиус  $OB$ . Аналогично находим точку  $E$ , от которой луч отражается вертикально вниз. Легко сообразить, что плоскость

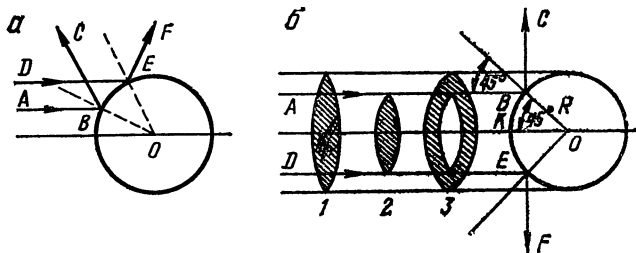


Рис. 84

*СВЕР*, проходящая через *B* и *E* перпендикулярно к направлению падения лучей, делит шар на две части: одна (левая) отражает лучи влево, вторая — вправо. Сколько же падает лучей на правую и левую части шара? Всего падает столько лучей, сколько их проходит через круг *1*, радиус которого равен радиусу шара *R*. Разрежем этот круг на 2 части: малый круг 2 с радиусом, равным

$$r = R \cdot \sin 45^\circ = \frac{R}{\sqrt{2}},$$

и кольцо 3. Тогда из всех падающих на шар лучей на левую часть упадет количество, пропорциональное площади круга 2, на правую — пропорциональное площади круга 3.

Площадь круга 1:  $S_1 = \pi R^2$ .

Площадь круга 2:  $S_2 = \pi r^2 = \pi \left( \frac{R}{\sqrt{2}} \right)^2 = \frac{S_1}{2}$ ,

т. е. площадь круга 2 составляет половину площади круга 1. Значит, на кольцо 3 останется вторая половина площади круга 1. Таким образом, на часть шара, отражающую лучи влево, падает столько же света, сколько и на часть, отражающую вправо. Следовательно, шар вправо и влево отражает одинаковое количество лучей.

**241.** Спецодежда предохраняет сталеваров, прокатчиков от жары, потому что фольга отражает инфракрасные лучи.

**242.** Когда закрыт правый глаз, то мы видим левым глазом по лучу зрения *BD* бумажку, которая закрывает отражение правого глаза (рис. 85). Когда же мы закрываем левый глаз и открываем правый, то бумажка, преграждая путь лучу зрения *AC*, закрывает отражение в зеркале левого глаза.

**243.** Для того чтобы уменьшить интенсивность отражения солнечных лучей от винта и защитить летчика от их слепящего действия,

244. Если внимательно проследить за ходом луча внутри «отражательного конуса», то можно заметить (рис. 86), что лучи с каждым отражением все медленнее и медленнее приближаются к выходу, потом начинают направляться в обратную сторону и выходят через основание  $O$ . Очень небольшая часть лучей достигает отверстия  $O'$  и выходит через него. При этом чем меньше отверстие, тем меньше мощность выходящего потока.

245. Такими средами являются среды с постепенно меняющимся показателем преломления. Примером может служить неоднородная жидкость или слои атмосферы с постепенно меняющейся плотностью.

246. На двояковогнутую линзу необходимо направить сходящийся пучок лучей, который можно получить, если между источником света и двояковогнутой линзой поместить собирающую линзу с подходящим фокусным расстоянием.

247. Добыть огонь с помощью льда можно в солнечный день. Для этого нужно сделать из льда двояковыпуклую линзу, которая имеет свойство собирать падающие на нее параллельные лучи в одну точку. В этой точке можно получить высокую температуру и зажечь горючий материал.

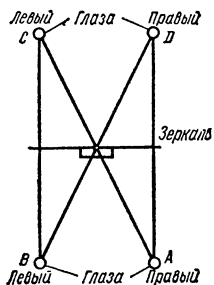


Рис. 85

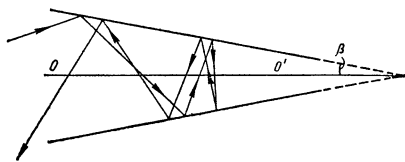


Рис. 86

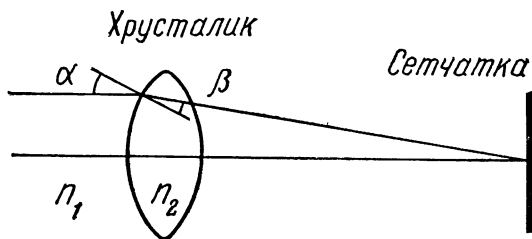


Рис. 87

**248.** Согласно закону преломления  $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$ , где  $n_1$  и  $n_2$  — абсолютные показатели преломления сред.

Луч от удаленного источника испытывает преломление дважды на двух поверхностях хрусталика (рис. 87).

Из формулы видно, что при уменьшении  $n_1$  (при переходе из воды в воздух) угол  $\beta$  уменьшается. Это значит, что после преломления на входной поверхности хрусталика в том случае, когда перед глазом воздух, луч идет ниже, чем в том случае, когда перед глазом вода. Поэтому если в воде изображение удаленного предмета образуется на сетчатке, то в воздухе изображение этого предмета будет перед сетчаткой. Следовательно, человек близорук.

**249.** Из окуляра действительно выходит параллельный пучок лучей, но, проходя через хрусталик глаза, он становится сходящимся и дает на сетчатке изображение предмета.

**250.** Вещество перестает быть прозрачным, если входящие в него лучи света благодаря многократным отражениям и преломлениям при переходе между средами воздух — вещество рассеиваются в стороны и сквозь вещество не проходят. В данном случае лучи не испытывают этих многократных отражений и преломлений, так как стеарин, пропитавший бумагу, делает среду, через которую проходит свет, более однородной.

**251.** Рифленая поверхность стекол автомобильных фар является как бы набором призмочек, собирающих лучи света в нужном направлении.

**252.** О яркости источника мы судим по освещенности его изображения на сетчатке глаза, а о размерах — по величине этого изображения. Звезды вследствие огромных расстояний до них кажутся нам точками. Даже в сильный телескоп звезда кажется точкой, но количество света, попадающего в глаз, увеличивается во столько раз, во сколько площадь объектива телескопа больше зрачка. Светочувствительная клеточка, на которую падает свет звезды, становится освещенной более интенсивно, поэтому звезда кажется нам более яркой.

**253.** Лупа не увеличивает углы, так как их величина не зависит от длины сторон: она измеряется градусами, число которых, естественно, при разглядывании в лупу не становится больше.

**254.** На снимке изображения мухи не будет. Она лишь закрывает часть объектива, т. е. выполняет роль диафрагмы. Освещенность несколько уменьшится, но изображение останется прежним, так как от всех точек предмета лучи пройдут через объектив.

**255.** Требование, чтобы оптическая система имела большое усиление и одновременно большое поле зрения (с одним приемным устройством), абсолютно невыполнимо. Все то, что выиграно в усилении, получено за счет другого, весьма важного свойства оптической системы: за счет уменьшения угла зрения. Напрасны даже попытки заставить оптические системы работать независимо друг от друга так, чтобы направить лучевую энергию на один и тот же приемник.

**256.** Левый глаз видит через трубку освещенную картину на стене. Хрусталик этого глаза произвольно устанавливается на стену. Но при нормальном зрении приспособление (аккомодация) обоих хрусталиков происхо-

дит только одновременно. Поэтому правый хрусталик также устанавливается на далекое расстояние.

Мы имеем следующий результат. Левый глаз получает отчетливое изображение только той части стены, которая ограничена бумажной трубкой, но неясно видит внутренность трубки, для которой хрусталик не приспособлен. Кроме того, внутренняя часть трубки не обращает на себя внимания, взамен выступает то, что видно правому глазу, т. е. рука. Короче говоря: левым глазом мы ясно видим часть стены, правым — неясно видим руку. При соединении обоих изображений в одно получается впечатление, как если бы соответствующая часть стены была видна через отверстие в правой руке.

257. Стекла очков не пропускают ультрафиолетовых лучей, кроме того, они поглощают и часть видимых лучей.

258. Перед объективом проекционного киноаппарата вращается абтюратор — диск с лопастями, которые попеременно пропускают и перекрывают идущий от аппарата на экран световой пучок. Существует это приспособление для того, чтобы на экране не замечались скачки кадров фильма — перекрытия происходят именно в момент смены кадров. Однако благодаря свойству глаза сохранять некоторое время впечатление экран представляется нам освещенным ровным, немигающим светом. Итак, из аппарата исходит прерывистый пучок лучей — экран то освещается, то затемняется. В момент, когда экран освещен, вы видите на его светлом фоне темный силуэт руки. В какой-то следующий момент экран будет затемнен, тогда вы практически не увидите на его темном фоне руки. Но благодаря известной способности глаза у вас сохраняется предыдущее впечатление светлого экрана с положением руки на его фоне на том же месте. Таким образом, время как бы неподвижного положения руки удваивается. Наступает третий момент — экран снова освещен. Вы внезапно обнаруживаете руку против нового места экрана, на которое она попала скач-

ком. «Внезапно» и «скачком» потому, что, с одной стороны, время пребывания руки на прежнем месте как бы удвоилось и тем самым более закрепилось в вашей зрительной памяти, с другой — процесс перехода руки с прежнего на новое место, как скрытый от вашего взора, выпал, ускользнул от наблюдения.

## 21. Световые волны

259. Ощущение того или иного цвета, возникающее в глазу наблюдателя, зависит не от длины волны, а от частоты электромагнитных колебаний источника света. Она не меняется при переходе света из одной среды в другую, поэтому воспринимаемый человеком свет в воде будет таким же, как и в воздухе.

260. Красные лучи имеют большую длину волны и рассеиваются в воздухе слабее лучей иных цветов. Лучи красного цвета проникают поэтому дальше, чем всякие другие. Кроме того, выбор красного цвета объясняется большей чувствительностью глаза к этой окраске.

261. При интерференции волн энергия сложного колебания пропорциональна квадрату амплитуды вектора, описывающего колебание среды, в которой распространяется волна. И если суммарная амплитуда равна нулю, то нет и энергии колебаний. Это не противоречит закону сохранения энергии, так как при интерференции света возникают максимумы и минимумы освещенности, не связанные с какими-либо превращениями световой энергии. При этом минимумы освещенности в одних местах компенсируются максимумами в других.

262. Изложенное в условии задачи правило для интерференционного максимума справедливо для источников, которые посылают свет в одной и той же фазе. Если же разность фаз электромагнитных колебаний, посылаемых источниками, равна  $\lambda$ , то в точке  $A$  получится интерференционный минимум.

**263.** Отверстия, правильно расположенные в ткани, образуют для видимых лучей дифракционную решетку. Расположение пятнышек зависит от строения решетки. Растягивая или наклоняя ткань, мы меняем структуру решетки, что и служит причиной изменения расположения пятнышек.

**264.** Цвет будет дополнительным к первоначальному, т. е. это будет тот цвет, который вместе с первоначальным дает белый цвет. Если книга светло-красного цвета, то мы увидим зеленое изображение ее, и наоборот. Дополнительным цветом для желтого является синий и т. д.

**265.** Белый дневной свет состоит из различных цветов. Разложение белого света на составные части можно наблюдать, например, если пропустить его через призму. Желтое стекло пропускает только желтые лучи из падающего на него белого света и задерживает все остальные. Точно так же синее стекло пропускает только синие лучи. Значит, пропуская белый свет через желтое и синее стекло, получим темноту.

**266.** Цветные пятна — результат интерференции отраженного света в образовавшейся тонкой пленке оксида.

## 22. Излучение и спектры

**267.** Электроны в металлах под действием тепловой энергии довольно легко переходят на более высокий энергетический уровень, а затем, возвращаясь в состояние с более низкой энергией, излучают ее. В стекле электроны прочнее связаны с ядром, и для их возбуждения нужно больше энергии, а, следовательно, температура должна быть выше.

**268.** Лучи солнца почти не нагревают атмосферу. Они поглощаются поверхностью земли, а затем земля излучает тепловые невидимые лучи, которые нагревают воздух. Солнечные лучи, проходя через стекло, нагревают

землю. Для инфракрасных лучей, испускаемых землей, стекло малопроницаемо. Парник является своего рода ловушкой для тепла. Кроме того, стекло препятствует испарению воды из почвы и тем самым задерживает теплоту, которая затрачивается на испарение.

269. Образование коричневого загара есть самозащита организма от чрезмерного действия ультрафиолетовых лучей. Лучи высокой частоты сильно поглощаются пигментом загара, вызывая только безвредное нагревание. Поэтому хорошо загоревший человек нагревается на солнце сильнее, чем незагоревший, но он не испытывает вредного химического действия световых лучей.

### 23. Атомная физика

270. Поглощая энергию, полость одновременно и излучает ее. Излучение быстро растет с повышением температуры, пока не наступает равновесие: полость излучает столько тепла, сколько и получает.

Установившаяся температура зависит от соотношения между размерами зеркала и отверстия в полости.

271. При  $\beta$ -распаде ядро претерпевает изменения. Это объясняется тем, что один из нейтронов, входящих в ядро атома, сразу же превращается в три частицы (протон, электрон и антинейтрино):  $n^1 \rightarrow {}^1_1p + {}^0_{-1}e + {}^0_0\bar{\nu}$ , причем протон остается в образовавшемся ядре, а электрон и антиней-

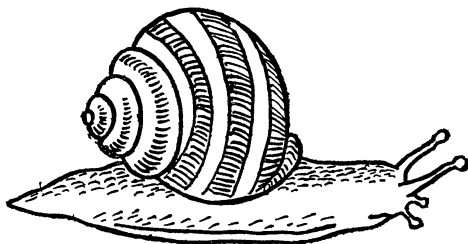


Рис. 88

трино выбрасываются из ядра. Это увеличивает заряд ядра на единицу. Заряд ядра атома определяет порядковый номер элемента в таблице Менделеева и все его химические свойства.

**272.** Свинец состоит из тяжелых атомов, графит — из легких (углерод). При упругом столкновении с тяжелым атомом нейтрон меняет направление движения, сохраняя величину своей скорости. При столкновении с равным по массе атомом водорода нейтрон передает ему почти всю свою энергию и сам останавливается. Поэтому в качестве замедлителей нейтронов применяют тяжелую воду или графит.

**273.** Чувствительным индикатором радиоактивного излучения является улитка (рис. 88). Это живой счетчик Гейгера.

## СОДЕРЖАНИЕ

От авторов . . . . . 3

*Вопросы*

*Ответы*

Механика . . . . .	5	76
Молекулярная физика . . . . .	37	105
Основы электродинамики . . . . .	49	107
Колебания и волны . . . . .	64	130
Оптика . . . . .	67	133

---

*Галина Павловна Макеева  
Михаил Семенович Цедрик*

**Физические парадоксы  
и занимательные вопросы**

Редактор Г. И. Бондаренко. Обложка художника С. М. Пчелинцева. Художественный редактор Г. И. Красинский. Технический редактор С. И. Лицкевич. Корректор Р. С. Ахремчик.

ИБ № 1026

Сдано в набор 25.12.79. Подписано в печать 22.09.80. Формат 70×108<sup>1</sup>/<sub>32</sub>. Бум. тип. № 3. Гарнитура литературная. Высокая печать. Усл. печ. л. 6,3. Уч.-изд. л. 5,85. Тираж 150 000 экз. Заказ 256. Цена 15 к.

Издательство «Народная асвета» Государственного комитета БССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 220600 Минск, Парковая магистраль, 11. Полиграфкомбинат им. Я. Коласа. 220827 Минск, Красная, 23.

15 к.