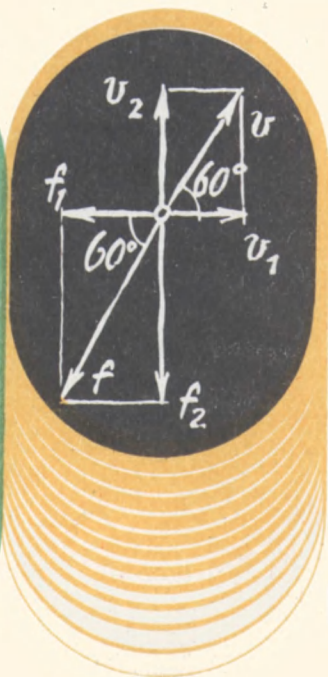
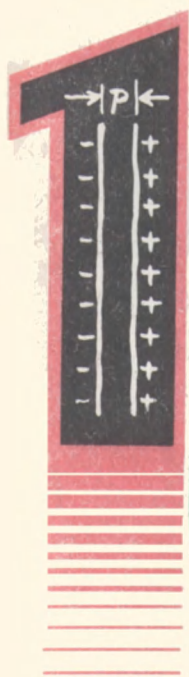


Б.Ю. Коган

# СТО ЗАДАЧ по ФИЗИКЕ



Б. Ю. КОГАН

# СТО ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ

ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ, ПЕРЕРАБОТАННОЕ

Под редакцией И. Е. ИРОДОВА



МОСКВА «НАУКА»  
ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ  
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ  
1986



Scan AAW

ББК 22.3  
К 57  
УДК 53(075.4)

КОГАН Б. Ю. Сто задач по физике: Учеб. руководство.— 2-е изд., перераб./Под ред. И. Е. Иродова.— М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986.— 64 с., ил.

Содержит занимательные задачи в объеме программы по физике для средней школы, большая часть которых основана на различных парадоксах, неожиданностях и софизмах. Ко всем задачам даны ответы, а к большинству — подробные решения и указания к ним. Переработаны формулировки и решения задач с учетом действующих документов в области терминологии и наименований единиц физических величин.

Для учащихся и преподавателей общеобразовательной и профессиональной школ, а также лиц, проявляющих повышенный интерес к физике.

Ил. 91

К  $\frac{1704010000-031}{053(02)-86}$  127-86

© Издательство «Наука».  
Главная редакция  
физико-математической  
литературы, 1986

## СОДЕРЖАНИЕ

От редактора . . . . .	4
------------------------	---

### ЗАДАЧИ И ВОПРОСЫ

Кинематика . . . . .	5
Статика . . . . .	7
Динамика . . . . .	10
Гидростатика . . . . .	15
Молекулярная физика и теплота . . . . .	17
Электростатика . . . . .	19
Электрический ток . . . . .	21
Магнетизм и электромагнетизм . . . . .	23
Оптика . . . . .	25

### ОТВЕТЫ И РЕШЕНИЯ

Кинематика . . . . .	29
Статика . . . . .	32
Динамика . . . . .	35
Гидростатика . . . . .	41
Молекулярная физика и теплота . . . . .	44
Электростатика . . . . .	48
Электрический ток . . . . .	50
Магнетизм и электромагнетизм . . . . .	52
Оптика . . . . .	53

Приложение. Фундаментальные физические константы . .	60
--	----

## ОТ РЕДАКТОРА

Предлагаемый сборник, (первым изданием он вышел в 1965 году) состоит из занимательных задач по физике, бóльшая часть которых построена на различных парадоксах и софизмах.

Автора этой книги Бориса Юрьевича Когана уже нет в живых. Книга же по-прежнему пользуется успехом, став, однако, библиографической редкостью. Это побудило издательство ее переиздать.

По просьбе редакции я внимательно просмотрел сборник и взял на себя смелость внести кое-какие уточнения в постановку и решения некоторых задач, а также в терминологию и единицы физических величин. В целом же сборник остался в том виде, в каком был задуман автором.

Очень советую ознакомиться с этой небольшой по объему и увлекательно написанной книгой как слушателям подготовительных отделений, так и студентам вузов. Здесь каждый найдет, чему удивиться и над чем поразмыслить.

Материал сборника предполагает знание физики в объеме программы средней школы.

*И. Е. Иродов*

## ЗАДАЧИ И ВОПРОСЫ

### КИНЕМАТИКА

1. Поезд начинает движение из состояния покоя и равномерно увеличивает скорость. На первом километре пути она возросла на 10 м/с.

На сколько возрастет она на втором километре?

2. Камень брошен вертикально вверх и движется в вакууме. Попробуем определить, с какими начальными скоростями его нужно бросать, чтобы подъем на высоту 29,4 м занял 6 с и 3 с.

Решая эту задачу по формуле

$$H = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

и подставляя в нее  $H = 29,4$  м,  $t = 6$  с и  $g = 9,8$  м/с<sup>2</sup>, будем иметь

$$29,4 = v_0 \cdot 6 - 4,9 \cdot 6^2,$$

откуда

$$v_0 = \frac{29,4 + 4,9 \cdot 6^2}{6} = 34,3 \text{ м/с.}$$

Точно так же, полагая в этой формуле  $H = 29,4$  м и  $t = 3$  с, получаем

$$29,4 = v_0 \cdot 3 - 4,9 \cdot 3^2.$$

Следовательно,

$$v_0 = \frac{29,4 + 4,9 \cdot 3^2}{3} = 24,5 \text{ м/с.}$$

Таким образом, чтобы подняться на указанную высоту за 6 с, нужна начальная скорость 34,3 м/с, а чтобы сделать это за 3 с, требуется скорость 24,5 м/с.

Почему для более быстрого подъема на ту же высоту требуется не бóльшая начальная скорость, а меньшая?

3. В момент, когда трамвай имеет скорость 10 м/с, включают тормоза, и трамвай начинает двигаться равномерно замедленно. Найдём, при каком ускорении он пройдёт за 2 с путь 8 м.

Решая эту задачу по формуле

$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2},$$

получаем

$$8 = 10 \cdot 2 + \frac{a \cdot 2^2}{2}, \quad \text{откуда} \quad a = \frac{8 - 10 \cdot 2}{2} = -6 \text{ м/с}^2.$$

Правильен ли полученный ответ?

4. Будет ли скатываться с наклонной плоскости катушка, прикрепленная к стенке нитью (рис. 1)? Трение между катушкой и плоскостью настолько велико, что скольжение катушки по плоскости невозможно.

5. Наблюдатель  $A$  жестко связан с телом  $S$  и движется вместе с ним, имея постоянную по модулю скорость  $v_A$ . Наблюдатель  $B$  движется с постоянной по модулю скоростью  $v_B$ , большей  $v_A$  и направленной в ту же сторону.

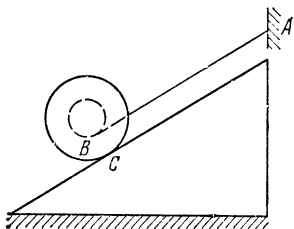


Рис. 1

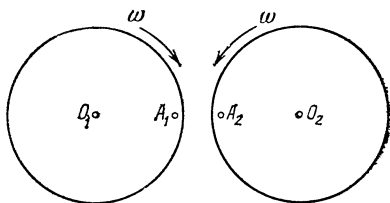


Рис. 2

Может ли при этих условиях наблюдатель  $B$  казаться наблюдателю  $A$  неподвижным?

6. Две круглые платформы расположены рядом и вращаются в противоположных направлениях (рис. 2), Расстояние между их центрами равно 5 м. Угловая скорость каждой платформы равна 1 рад/с. На платформах на расстояниях 2 м от их центров находятся наблюдатели  $A_1$  и  $A_2$ , занимающие в некоторый момент положения, изображенные на рисунке.

С какой скоростью наблюдатель  $A_2$  движется в этот момент относительно наблюдателя  $A_1$ ?

7. Груз  $P$  поднимается при помощи двух неподвижных блоков (рис. 3). Пусть скорости точек  $A$  и  $B$  равны  $v$ , а скорость груза равна  $u$ . Из рисунка находим

$$u = 2v \cos \alpha.$$

Правильен ли этот результат?

8. При движении доски на круглых катках она сохраняет горизонтальное положение и остается на одной и той же высоте.

Можно ли осуществить такое движение, пользуясь *некруглыми* катками?

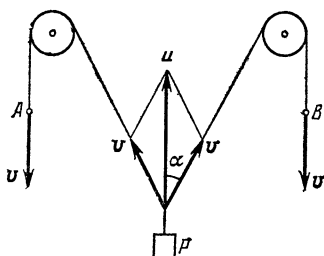


Рис. 3

## СТАТИКА

9. На весах уравновешен ящик, наполненный дробью.

Останутся ли весы в равновесии, если заменить эту дробь более крупной, сделанной из того же материала?

10. К доске, лежащей на опорах  $A$  и  $B$ , приложены силы  $F_1$  и  $F_2$  (рис. 4).

Изменится ли прогиб доски, если заменить эти силы их равнодействующей  $R$ ?

11. Пусть требуется сложить силы  $F_1$ ,  $F_2$  и  $F_3$ ,

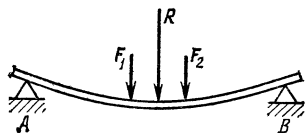


Рис. 4

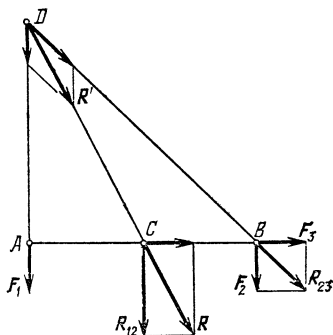


Рис. 5

приложенные в точках  $A$  и  $B$  (рис. 5). Сложив для этого силы  $F_1$  и  $F_2$ , получим их равнодействующую  $R_{12}$ . Перенеся затем силу  $F_3$  вдоль ее линии действия в точку  $C$  и сложив здесь с силой  $R_{12}$ , найдем равнодействующую  $R$  сил  $F_1$ ,  $F_2$  и  $F_3$ .



Поступим теперь иначе: сначала сложим силы  $F_2$  и  $F_3$ , а затем их равнодействующую  $R_{23}$  сложим с силой  $F_1$ . В этом случае получится равнодействующая  $R'$ , приложенная в точке  $D$ .

Где же в действительности приложена равнодействующая сил  $F_1$ ,  $F_2$  и  $F_3$  — в точке  $C$  или в точке  $D$ ?

12. Консольная балка  $AB$  закреплена в стене (рис. 6). Разсечем ее мысленно в точке  $C$  и рассмотрим

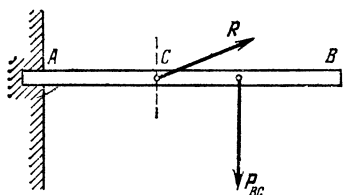


Рис. 6

силы, действующие на правую часть балки. Ими являются сила тяжести  $P_{BC}$  и сила  $R$ , с которой левая часть балки действует на правую. Эти силы должны уравниваться, так как балка находится в покое. Но как бы ни была направ-

лена сила  $R$ , она не сможет уравновесить силу  $P_{BC}$ , ибо эти силы не направлены вдоль одной прямой.

Объяснить полученное противоречие.

13. Если изменить одно из плеч рычага, равновесие нарушится.

Почему же предмет, взвешиваемый на равноплечих весах (рис. 7), можно помещать на чашке этих весов где угодно?

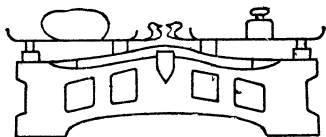


Рис. 7

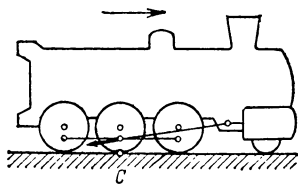


Рис. 8

14. На рис. 8 изображен паровоз, движущийся вправо. В том положении, которое показано на этом рисунке, шатун действует на колесо с некоторой силой, направленной влево и проходящей выше точки  $C$ . Но эта точка является центром, вокруг которого в данный момент вращается колесо, и поэтому под действием этой силы оно должно поворачиваться *против часовой стрелки*, т. е. катиться *влево*.

Почему же паровоз движется вправо?

15. Легкая сферическая чашка шарнирно укреплена в точке  $O$  (рис. 9). В центре чашки лежит тяжелый шарик, находящийся в равновесии. Расстояние  $OA$  равно 10 см, радиус кривизны поверхности чашки равен 15 см. Устойчиво ли равновесие этой системы?

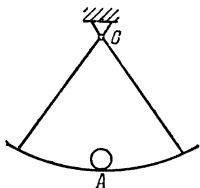


Рис. 9

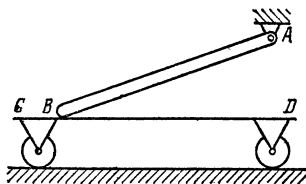


Рис. 10

16. Стержень  $AB$  шарнирно укреплен в точке  $A$  и опирается о тележку  $CD$  (рис. 10). Пусть вес стержня равен  $P$ , а коэффициент трения в точке  $B$  равен  $k$ . Тогда сила трения между стержнем и тележкой будет равна  $kP/2$ . Отсюда заключаем, что, для того чтобы сдвинуть тележку влево, нужна сила  $f = kP/2$ , если пренебречь трением между колесами тележки и горизонтальной плоскостью.

Правильен ли этот вывод?

17. Тормозная колодка  $ABDE$  прижата силой  $F$  к шкиву, вращающемуся против часовой стрелки (рис. 11).

Пусть  $AB = 10$  см,  $AE = 20$  см,  $BC = 5$  см,  $F = 30$  Н. Найдем силу трения между колодкой и шкивом в случаях, когда коэффициент трения равен 0,3 и 0,6.

Для этого рассмотрим силы, действующие на колодку. Ими являются сила  $F$ , сила реакции шкива  $N$  и сила трения, равная по модулю  $f = kN$ , где  $k$  — коэффициент трения. Так как колодка находится в покое, то сумма моментов этих сил относительно точки  $A$  равна нулю:

$$F \cdot AE - N \cdot BC + kN \cdot AB = 0,$$

откуда сила реакции

$$N = F \frac{AE}{BC - k \cdot AB},$$

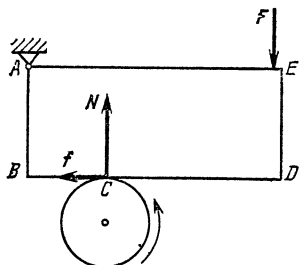


Рис. 11

т. е. сила трения

$$f = kN = F \frac{k \cdot AE}{BC - k \cdot AB}.$$

Подставив сюда числовые данные, получим

$$f = 30 \frac{k \cdot 0,2}{0,05 - k \cdot 0,1} = \frac{60k}{0,5 - k},$$

что при  $k = 0,3$  дает

$$f = \frac{60 \cdot 0,3}{0,5 - 0,3} = 90 \text{ Н.}$$

Однако при  $k = 0,6$  сила трения получается равной

$$f = \frac{60 \cdot 0,6}{0,5 - 0,6} = -360 \text{ Н,}$$

т. е. отрицательной.

Что это значит?

## ДИНАМИКА

18. Как известно, силой, движущей поезд, является сила трения паровозных колес о рельсы. Сила же трения между рельсами и колесами вагонов является силой, тормозящей движение. Но колеса паровоза и вагонов сделаны из одного и того же материала, а вес вагонов гораздо больше веса паровоза. Поэтому сила трения между рельсами и колесами вагона должна быть, как будто, больше силы трения между рельсами и колесами паровоза.

Почему же паровоз в состоянии двигать состав?

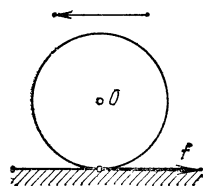


Рис. 12

19. По горизонтальной плоскости катится круглый диск (рис. 12). Так как сила трения  $f$  направлена вправо, то скорость диска будет *уменьшаться*. Но момент этой силы относительно центра  $O$  направлен *против часовой стрелки*, и, следовательно, скорость движения диска должна *увеличиваться*.

Объяснить полученное противоречие.

20. На наклонной плоскости лежит монета, удерживаемая силой трения (рис. 13).

Как будет она двигаться, если сообщить ей скорость  $v$  в направлении, параллельном  $AB$ ? Будет ли ее движение прямолинейным?

21. Шар движется в воздухе, имея в данный момент скорость  $v$  (рис. 14). Пусть сила сопротивления воздуха пропорциональна квадрату скорости:

$$f = kv^2, \quad (1)$$

где  $k$  — коэффициент пропорциональности. Разложив

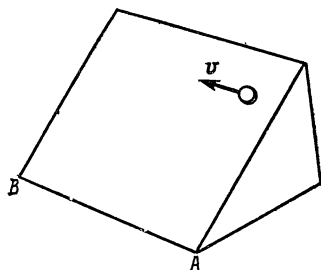


Рис. 13

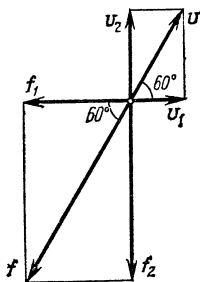


Рис. 14

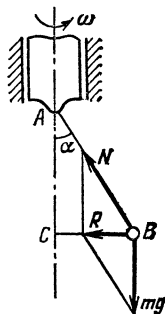


Рис. 15

скорость  $v$  на горизонтальную и вертикальную составляющие, получим

$$\begin{aligned} v_1 &= v \cos 60^\circ, & v_2 &= v \sin 60^\circ, \\ f_1 &= kv_1^2 = kv^2 \cos^2 60^\circ, & f_2 &= kv_2^2 = kv^2 \sin^2 60^\circ, \end{aligned}$$

где  $f_1$  и  $f_2$  — силы сопротивления, вызванные составляющими  $v_1$  и  $v_2$ . Следовательно, полная сила сопротивления

$$\begin{aligned} f &= \sqrt{f_1^2 + f_2^2} = \sqrt{(kv^2 \cos^2 60^\circ)^2 + (kv^2 \sin^2 60^\circ)^2} = \\ &= kv^2 \sqrt{5/8}, \end{aligned}$$

что не совпадает с (1).

Чем объясняется полученное расхождение?

22. Вертикальный вал вращается с угловой скоростью  $\omega$ . С валом шарнирно связан тонкий невесомый стержень  $AB = l = 10$  см. На конце стержня укреплен шар  $B$  (рис. 15). Посмотрим, на какие углы отклонится стержень  $AB$  от вертикали при  $\omega_1 = 14$  рад/с и  $\omega_2 = 7$  рад/с.

На шар действуют сила тяжести  $mg$  и сила  $N$  со стороны стержня (сила натяжения стержня). Так как их равнодействующая является центростремительной си-

лой, то она должна быть направлена так, как показано на рис. 15. Отсюда заключаем, что

$$R/mg = \operatorname{tg} \alpha.$$

Далее, так как

$$R = m\omega^2 \cdot BC = m\omega^2 \cdot AB \sin \alpha = m\omega^2 l \sin \alpha,$$

то

$$\frac{m\omega^2 l \sin \alpha}{mg} = \operatorname{tg} \alpha.$$

Решая это уравнение, будем иметь

$$\omega^2 l \sin \alpha \cos \alpha = g \sin \alpha, \quad \text{или} \quad \cos \alpha = \frac{g}{\omega^2 l}.$$

Полученное равенство определяет угол  $\alpha$ . Подставив сюда  $l = 10$  см и  $\omega_1 = 14$  рад/с, найдем

$$\cos \alpha = \frac{9.8}{14^2 \cdot 0.1} = \frac{1}{2},$$

откуда  $\alpha = 60^\circ$ . Однако при  $\omega_2 = 7$  рад/с получим

$$\cos \alpha = \frac{9.8}{7^2 \cdot 0.1} = 2,$$

что невозможно, так как  $\cos \alpha$  не может быть больше единицы.

Чем объясняется полученный результат и каково значение  $\alpha$  при  $\omega_2 = 7$  рад/с?

23. В точке  $A$  горизонтального диска, вращающегося вокруг вертикальной оси, прикреплена пружина, на другом конце которой закреплен шарик  $B$  массы 20 г (рис. 16). Жесткость пружины равна 1 Н/см. Расстояние  $OA$  равно 5 см, длина пружины в нерастянутом состоянии равна 10 см. Определим длину пружины при вращении диска с угловой скоростью  $\omega = 100$  рад/с.

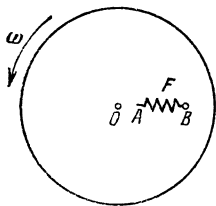


Рис. 16

Для этого рассмотрим упругую силу  $F$ , с которой пружина действует на шарик. Если длину пружины при вращении диска обозначить через  $x$ , то ее удлинение будет равно  $x - 10$ . Так как жесткость пружины равна 1 Н/см, то

$$F = 1 \cdot (x - 10). \quad (1)$$

Но сила  $F$  является центростремительной; поэтому

$$F = m\omega^2 \cdot OB = m\omega^2 (OA + AB) = m\omega^2 (5 + x),$$

где  $m$  — масса шарика. Подставив сюда  $m = 0,02$  кг и  $\omega = 100$  рад/с, получим

$$F = 0,02 \cdot 100^2 (5 + x) \cdot 10^{-2} = 2(5 + x). \quad (2)$$

Приравнявая теперь (1) и (2), будем иметь

$$x - 10 = 2(5 + x)$$

и, решив это уравнение, найдем

$$x = -20 \text{ см.}$$

Как могло получиться отрицательное значение  $x$ ?

24. На рис. 17 изображен «летательный аппарат», состоящий из платформы, на которой шарнирно укреплен качающийся стержень  $OA$  с тяжелым шаром на конце. Когда стержень качается

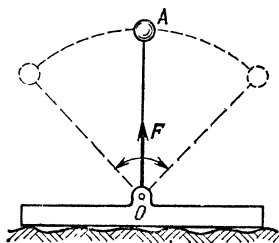


Рис. 17

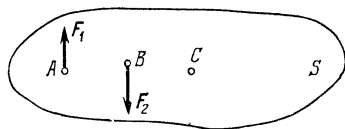


Рис. 18

(под действием двигателя), на шарнир  $O$  действует сила  $F$ , направленная вдоль  $OA$ , и так как шарнир связан с платформой, то эта сила должна поднять и платформу.

Указать ошибку в изложенном рассуждении.

25. Однородное тело  $S$  находится в покое (рис. 18). К точкам  $A$  и  $B$  приложили две равные по модулю силы  $F_1$  и  $F_2$ , направленные в противоположные стороны.

В каком направлении станет двигаться точка  $B$ ?

26. Поезд идет со скоростью  $v$ . С площадки заднего вагона человек бросает камень в направлении, противоположном движению поезда. Пусть скорость камня относительно поезда равна  $v$ . Тогда скорость камня относительно рельсов будет равна нулю, и поэтому будет равна нулю и его кинетическая энергия. Но до того как камень был брошен, он обладал некоторой энергией, так как двигался вместе с поездом. Следовательно, бросая

камень, человек не увеличил его кинетическую энергию, а уменьшил.

На что же была затрачена работа, совершенная человеком?

27. Корабль идет со скоростью  $v = \text{const}$ . По палубе от носа к корме едет велосипедист. Если скорость велосипеда относительно палубы равна  $v$ , то он остается неподвижным относительно берега.

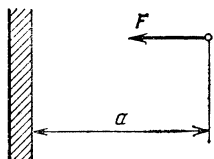


Рис. 19

Сможет ли велосипедист в этом случае сохранять равновесие?

28. Бесконечно протяженная тонкая плоскость притягивает по закону всемирного тяготения материальную точку (рис. 19).

Изменится ли сила  $F$ , если вдвое увеличить расстояние  $a$ ?

29. Земной шар можно рассматривать как гигантский космический корабль, движущийся вокруг Солнца. Поэтому все предметы на поверхности Земли должны быть «невесомы» по отношению к гравитационным силам Солнца, Луны и других небесных тел.

Почему же притяжение Луны вызывает морские приливы?

30. Пусть космической ракете сообщена вертикальная скорость 11,2 км/с (вторая космическая скорость). Как известно, такая ракета будет неограниченно удаляться от Земли, а ее скорость будет неограниченно уменьшаться, если не учитывать влияния других небесных тел. Таким образом, ее предельная скорость, или, иначе говоря, скорость в бесконечности, будет равна нулю. Пусть теперь ракете сообщена вертикальная скорость 12,2 км/с.

Какова будет в этом случае ее скорость в бесконечности? Будет ли она равна  $12,2 - 11,2 = 1$  км/с?

31. Кратковременное состояние невесомости (30—40 секунд) можно получить в кабине самолета.

Как это сделать?

32. Космонавт, находясь в состоянии невесомости, «повис» внутри кабины спутника Земли.

Каким образом он может повернуться на  $180^\circ$  вокруг своей продольной оси?

33. На рис. 20 схематически показано поперечное сечение космического корабля, вращающегося вокруг своей продольной оси. Так как каждое тело внутри этого

корабля давит на свою опору с некоторой силой, то можно сказать, что на таком корабле все предметы обладают искусственным весом. (Чтобы этот вес был равен естественному весу тел на Земле, скорость вращения космического корабля должна иметь определенное значение.) Пусть человек, находящийся на этом корабле, поднимается по лестнице  $AB$ . Так как он обладает искусственным весом, то для такого подъема ему придется совершить некоторую работу.

На что она будет израсходована?

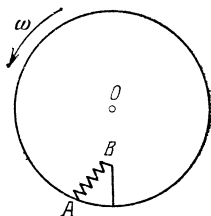


Рис. 20

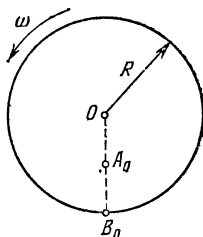


Рис. 21

34. Пусть человек, находящийся во вращающемся космическом корабле, выпускает из рук какой-нибудь предмет. Как только такой предмет будет выпущен из рук, он перестанет давить на опору, и поэтому нельзя говорить о его весе.

Будет ли этот предмет вести себя как весомый, т. е. будет ли он «падать»?

35. Пусть предмет, о котором говорится в предыдущей задаче, выпускают из рук в точке  $A_0$  (рис. 21).  $A_0B_0 = 2$  м,  $R = 10$  м. (Для наглядности масштаб на рисунке искажен.)

В каком месте корабля упадет этот предмет?

## ГИДРОСТАТИКА

36. В сосуде с ртутью плавает медный брусок, а сверху налита вода (рис. 22). Вычисляя действующую на брусок выталкивающую силу, можно рассуждать следующим образом.

На нижнюю часть бруска действует выталкивающая сила, равная весу ртути в объеме  $ABEF$ . На верхнюю часть бруска действует выталкивающая сила, равная весу воды в объеме  $BCDE$ . Следовательно, сила, кото-



рая выталкивает брусок, равна весу ртути в объеме  $ABEF$  плюс вес воды в объеме  $BCDE$ .

В чем ошибочность такого рассуждения?

37. Сосуд, изображенный на рис. 23, наполнен водой и опирается о ребро неподвижной призмы. В правую

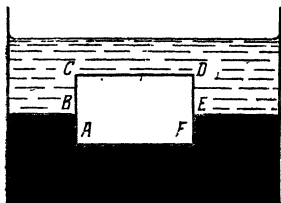


Рис. 22

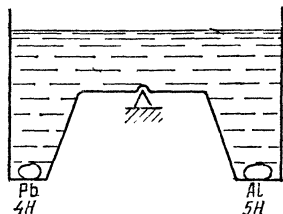


Рис. 23

часть сосуда опустили кусок алюминия весом 5 Н, а в левую — кусок свинца весом 4 Н.

Какая часть сосуда перевесит?

38. Взлет космического корабля с Земли происходит с большим ускорением, и поэтому находящийся там космонавт оказывается подверженным действию значительной искусственной силы тяжести (силы, прижимающей космонавта к месту, на котором он находится). Чтобы избежать этой перегрузки, некоторые авторы предлагали помещать космонавта в камеру с жидкостью, плотность которой равна плотности человеческого тела (рис. 24). При этом они исходили из того, что человек,

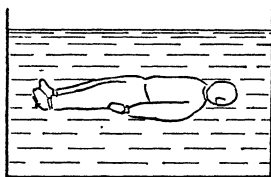


Рис. 24

находящийся в такой жидкости, становится невесомым и, следовательно, избавляется от действия как естественной, так и искусственной тяжести.

В чем ошибочность такого заключения?

39. Если каплю масла поместить в анилиновый раствор, плотность которого равна плотности масла, то капля примет форму шара. В этом состоит известный опыт Плато, иллюстрирующий поверхностное натяжение жидкостей. Его часто объясняют следующим образом: капля стремится принять форму шара, но этому препятствует сила тяжести. Если же капля находится в жидкости с такой же плотностью, как ее собственная, то сила тя-

жести уничтожается выталкивающей силой жидкости, и поэтому капля принимает форму шара.

В чем ошибочность такого объяснения?

40. Если стакан с водой накрыть листом бумаги и осторожно перевернуть, то вода выливаться не будет, что, как известно, объясняется давлением атмосферного воздуха. Если же бумагу убрать, то, хотя атмосферное давление не станет меньшим, вода выльется.

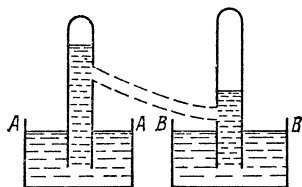


Рис. 25

Почему?

41. Два одинаковых сосуда наполнены водой (рис. 25).

В каждый из них опустили трубку и откачали из трубок часть воздуха, в результате чего вода поднялась в левой трубке выше, чем в правой.

Будет ли вода переливаться из левой трубки в правую, если соединить их, как показано штриховой линией?

### МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕПЛОТА

42. Нормальная температура тела человека равна приблизительно  $37^{\circ}\text{C}$ .

Почему же человеку не холодно при  $25^{\circ}\text{C}$  и очень жарко при  $37^{\circ}\text{C}$ ?

43. Иногда говорят: «Температура в тени  $25^{\circ}\text{C}$ , а на солнце  $28^{\circ}\text{C}$ ».

Имеет ли смысл говорить о «температуре на солнце»?

44. При расширении газы охлаждаются. На рис. 26 изображен сосуд, состоящий из двух половин, разделенных краном. В левой половине находится идеальный газ, в правой — вакуум.

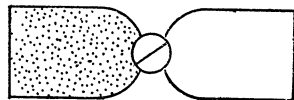


Рис 26

Уменьшится ли температура газа, если, открыв кран, предоставить газу возможность расширяться?

45. При изотермическом сжатии идеального газа его температура не изменяется, а следовательно, не изменяется и суммарная кинетическая энергия его молекул. Но так как давление газа при этом увеличивается, то он приобретает способность совершать некоторую работу.

Можно ли отсюда сделать вывод, что при изотермическом сжатии идеальный газ приобретает энергию?

46. При повышении температуры идеального газа на  $150\text{ К}$  средняя скорость его молекул возросла от  $400$  до  $500\text{ м/с}$ . На сколько кельвин нужно нагреть этот газ, чтобы увеличить среднюю скорость его молекул от  $500$  до  $600\text{ м/с}$ ?

47. Два одинаковых сосуда, содержащие одинаковое число атомов гелия, соединены краном. В первом сосуде средняя скорость атомов равна  $1000\text{ м/с}$ , во втором —  $2000\text{ м/с}$ .

Какой будет эта скорость, если открыть кран и сделать сосуды сообщающимися?

48. Медный кубик  $A$  имеет температуру  $200^\circ\text{С}$ , такие же медные кубики  $B$  и  $C$  — температуру  $0^\circ\text{С}$ . Посредством теплообмена между ними нужно охладить кубик  $A$  до температуры  $50^\circ\text{С}$  и нагреть за счет этого кубики  $B$  и  $C$  до температуры  $75^\circ\text{С}$ .

Можно ли это сделать? Теплообменом между кубиками и воздухом пренебречь.

49. Каким образом можно увеличить внутреннюю энергию горячего газа за счет уменьшения внутренней энергии холодного газа?

50. На что расходуется электроэнергия, потребляемая домашним холодильником?

51. Два теплонепроницаемых сосуда наполнены водой и соединены так, как показано на рис. 27. Воздух из сосудов откачан, и над поверхностью воды нахо-

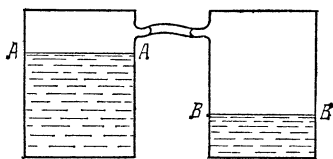


Рис. 27

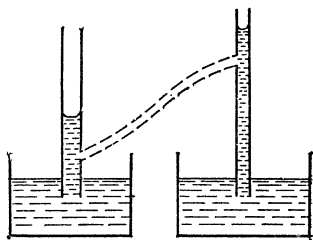


Рис. 28

дится насыщенный водяной пар. Так как в состоянии равновесия температура внутри сосудов одинакова, то должно быть одинаковым и давление пара над уровнями  $AA$  и  $BB$ . Но уровень  $AA$  находится выше уровня  $BB$ , и поэтому давление над ним должно быть меньшим (подобно распределению давления воздуха в атмосфере).

Объяснить полученное противоречие.

52. Какой воздух тяжелее — сухой или влажный?

53. Капиллярные трубки разных диаметров опущены в сосуды, наполненные водой до одинакового уровня (рис. 28).

Будет ли вода переливаться из правой трубки в левую, если соединить их, как показано штриховой линией?

54. Можно ли создать устройство, которое отнимает тепло от зимнего атмосферного воздуха и использует его для обогрева помещения?

## ЭЛЕКТРОСТАТИКА

55. Если положительно заряженный шар поместить в любое из электрических полей, изображенных на рис. 29, он станет двигаться вправо.

Как будет вести себя в этих полях шар, которому не был сообщен заряд?

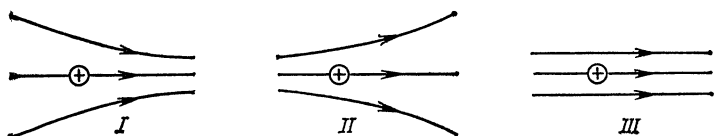


Рис. 29

56. Положительно заряженный шар *A* поместили вблизи металлического шара *B* (рис. 30). Измерения показали, что сила электрического взаимодействия шаров равна нулю.

Заряжен ли шар *B*?

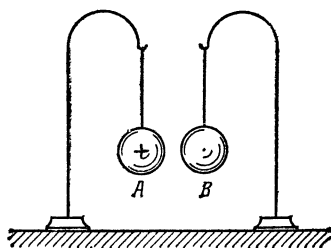


Рис. 30

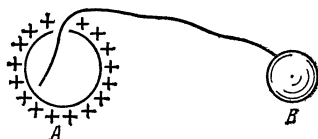


Рис. 31

57. Доказать, что если заряд шара *B* (см. предыдущую задачу) будет положительным и *очень небольшим*, то шары *A* и *B* будут не отталкиваться, а притягиваться.

58. Полый латунный шар *A*, имеющий небольшое отверстие, заряжен положительно (рис. 31). Как известно,

на внутренней поверхности этого шара заряды отсутствуют.

Зарядится ли металлический шар  $B$ , если соединить его проволокой с внутренней поверхностью шара  $A$ ?

59. Два проводника заряжены положительным электричеством: первый — до потенциала 100 В, второй — до потенциала 50 В.

Будут ли заряды переходить с первого проводника на второй, если привести проводники в соприкосновение?

60. Положительно заряженный шар  $A$  индуцировал заряды на незаряженном проводнике  $BC$  (рис. 32). Пос-

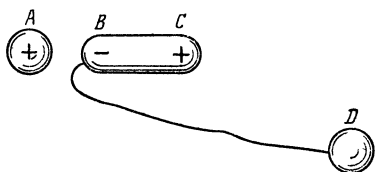


Рис. 32



Рис. 33

ле этого левую половину проводника  $BC$  соединили с незаряженным шаром  $D$ .

Каков знак заряда, приобретенного шаром  $D$ ?

61. В электрическом поле потенциал точки  $A$  выше потенциала точки  $B$  (рис. 33). Однако если поместить в это поле проводник  $AB$ , то ток по нему идти не будет.

Почему?

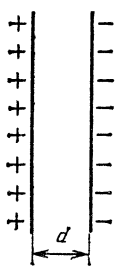


Рис. 34

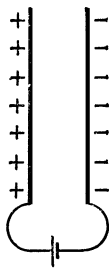


Рис. 35

62. Круглая металлическая пластина несет заряд  $+q$  и притягивает такую же пластину, несущую заряд  $-q$  (рис. 34). Диаметр каждой пластины велик по сравнению с расстоянием между ними.

Как изменится сила притяжения пластин, если вдвое увеличить расстояние  $d$ ?

63. Пластины конденсатора присоединены к гальваническому элементу (рис. 35).

Как изменится сила их взаимодействия, если они будут помещены в непроводящую жидкость с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 3$ ?

64. Пластины заряженного конденсатора притягиваются с силой  $F$ .

Изменится ли эта сила, если ввести в конденсатор пластину из диэлектрика, как показано на рис. 36?

65. На рис. 37 изображен проект одного из «вечных двигателей». Между пластинами заряженного конденсатора помещен проводник  $ABCD$ , расположенный, как показано на рисунке. Так как поле конденсатора сосредоточено между его обкладками, то на участке  $AB$  будет действовать э. д. с., направленная от  $A$  к  $B$ , а на других участках проводника э. д. с. будет отсутствовать. По этой причине в проводнике будет непрерывно поддерживаться ток в указанном на рисунке направлении.

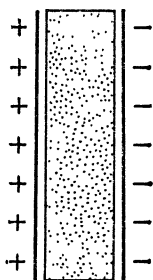


Рис. 36

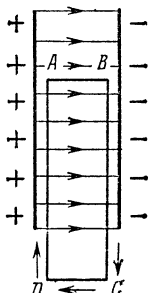


Рис. 37

Указать ошибку в изложенном рассуждении.

66. В результате сложения электрических полей  $E_1$  и  $E_2$  получено электрическое поле  $E$ .

Равна ли энергия поля  $E$  сумме энергий полей  $E_1$  и  $E_2$ ?

## ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК

67. Вблизи поверхности Земли существует электрическое поле напряженностью около 130 В/м.

Можно ли использовать это поле для получения электрического тока?

68. Гальванический элемент замкнут на два параллельных проводника (рис. 38).

Уменьшатся ли токи в этих проводниках, если увеличить их сопротивления  $r_1$  и  $r_2$ ?

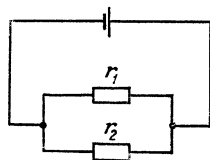


Рис. 38

69. В цепи, изображенной на рис. 39, сопротивления всех участков одинаковы. Очевидно, потенциал точки  $B$  выше потенциала точки  $D$ , а также выше потенциала точки  $F$ . Отсюда заключаем, что если соединить точку  $B$  с точками  $D$  и  $F$ , то в проводнике  $BD$  ток пойдет от  $B$  к  $D$ , а в проводнике  $BF$  — от  $B$  к  $F$ .

Верно ли это заключение?

70. В цепи аккумулятора  $A_1$  протекал ток  $I$ . Чтобы его увеличить, к аккумулятору  $A_1$  присоединили аккумулятор  $A_2$ . Однако как при параллельном, так и при последовательном соединении этих аккумуляторов получался ток, меньший  $I$ . В каком случае это возможно?

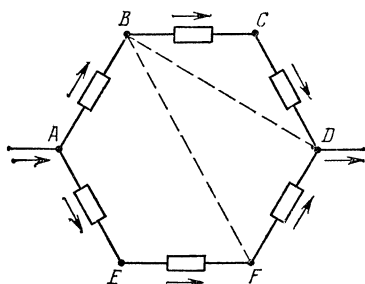


Рис. 39

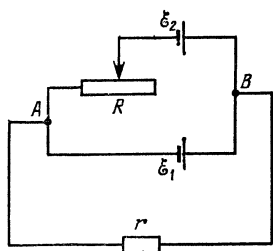


Рис. 40

71. На рис. 40 изображена цепь, состоящая из двух элементов с э. д. с.  $\mathcal{E}_1$  и  $\mathcal{E}_2$ , резистора с сопротивлением  $R$  и реостата с полным сопротивлением  $r$ .

В каком случае ток  $I$  не будет зависеть от сопротивления реостата?

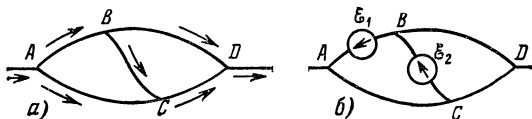


Рис. 41

72. Рассмотрим цепь, изображенную на рис. 41, а. Чтобы уничтожить токи на участках  $AB$  и  $BC$ , в цепь были введены источники тока с э. д. с.  $\mathcal{E}_1$  и  $\mathcal{E}_2$ , показанные на рис. 41, б.

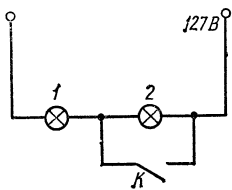


Рис. 42

Должны ли э. д. с. этих источников быть направлены против токов, которые следует «погасить», т. е. от  $B$  к  $A$  и от  $C$  к  $B$ ?

73. На рис. 42 изображена цепь, состоящая из лампы  $1$  мощностью 40 Вт, ключа  $K$  и лампочки 2 от карманного фонаря. Цепь включили в городскую сеть при замкнутом ключе  $K$ , а затем ключ разомкнули. В этом случае обе лампы горели нормально. Когда же, в другой

раз, эту цепь включили в сеть при разомкнутом ключе  $K$ , лампочка от карманного фонаря сразу перегорела. Почему?

74. Вагон освещается пятью последовательно соединенными лампами, на каждой из которых написано 110 В, 25 Вт. Затем одну из них заменили лампой, на которой написано 110 В, 40 Вт.

Будет ли она светить ярче, чем замененная?

75. Шесть лампочек для карманного фонаря включены в городскую сеть с помощью реостата, обеспечивающего нормальный накал каждой лампочки (рис. 43).

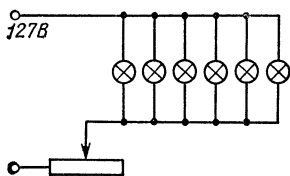


Рис. 43

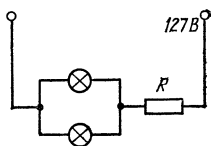


Рис. 44

Как изменится создаваемая этими лампочками освещенность, если одна из них перегорит?

76. Две одинаковые лампы включены в городскую сеть, как показано на рис. 44. Если номинальная мощность этих ламп велика (200—300 Вт), то при подходящем выборе сопротивления резистора  $R$  наблюдается следующий эффект: когда обе лампы включены, они не горят; если же одну из них вывернуть, то вторая загорается, но горит неполным накалом.

Объяснить описанное явление.

77. Имеется выключатель и две лампы мощностью 75 и 15 Вт.

Составить из них цепь, удовлетворяющую следующим условиям: когда выключатель находится в положении «включено», горит только лампа мощностью 75 Вт; если же перевести его в положение «выключено», то эта лампа гаснет, но загорается лампа мощностью 15 Вт.

## МАГНЕТИЗМ И ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

78. Магнит  $M$  разрезали посередине и получили таким путем два магнита  $M'$  (рис. 45).

Будет ли сила притяжения магнита  $M'$  вдвое меньше силы притяжения магнита  $M$ ?



79. Шарик из мягкого железа был сначала помещен в слабое магнитное поле, а затем — в сильное. При этом во втором случае на него действовала меньшая сила, чем в первом.

Чем это объясняется?

80. Шарик из мягкого железа находится вблизи двух магнитов (рис. 46). Если бы второго магнита не

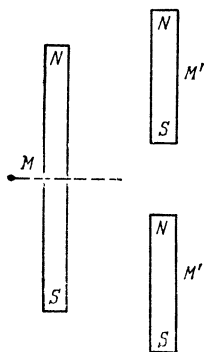


Рис. 45

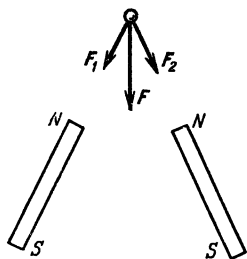


Рис. 46

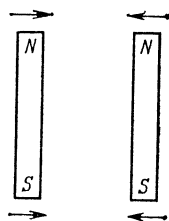


Рис. 47

было, то первый действовал бы на шарик с силой  $F_1$ , а если бы не было первого магнита, то второй действовал бы на шарик с силой  $F_2$ .

Будет ли сила  $F$ , с которой действуют на шарик оба магнита, равна векторной сумме сил  $F_1$  и  $F_2$ ?

81. Работа, совершаемая при сближении двух отталкивающихся магнитов (рис. 47), очевидно, расходуется на увеличение энергии магнитного поля.

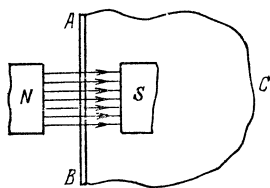


Рис. 48

На что расходуется работа, затрачиваемая при сближении двух отталкивающихся токов, т. е. двух проводников, по которым текут токи противоположных направлений?

82. Через соленоид протекал ток  $I$ . Посредством реостата его сильно уменьшили, вследствие чего магнитное поле соленоида почти исчезло.

Куда исчезла его энергия?

83. Проводник  $AB$  перемещают в магнитном поле так, что ток идет от точки  $A$  к точке  $B$  (рис. 48).

В какой из этих точек потенциал выше?

84. Вращающийся медный диск связан с неподвижным проводником  $ABCD$  посредством скользящих контактов  $A$  и  $D$  (рис. 49). Диск и проводник находятся в однородном магнитном поле, перпендикулярном к плоскости чертежа.

Изменяется ли при вращении диска магнитный поток через контур  $ABCD$  и течет ли ток по проводнику  $ABCD$ ?

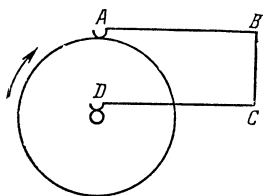


Рис. 49

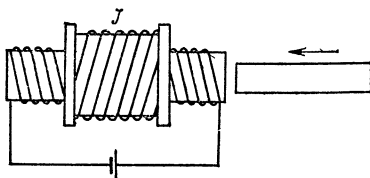


Рис. 50

85. Короткозамкнутая катушка  $J$  охватывает соленоид, по которому идет ток от аккумулятора (рис. 50). Внутри соленоида вдвигают железный сердечник, вследствие чего в катушке  $J$  индуцируется ток и она нагревается.

За счет какой работы совершается это нагревание?

86. В городскую сеть была включена катушка с большим числом витков (рис. 51). Измеряя протекающий по ней переменный ток, установили, что ее сопротивление равно  $R$ . Затем поверх этой катушки намотали вторую, точно такую же, и включили ее в цепь параллельно первой. (Вторая катушка показана штриховой линией.)

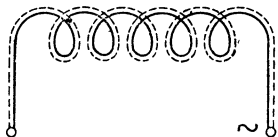


Рис. 51

Будет ли общее сопротивление катушек равняться  $R/2$ ?

## ОПТИКА

87. В плоском зеркале получено мнимое изображение Солнца.

Можно ли этим «мнимым солнцем» прожечь бумагу с помощью собирающей линзы?

88. Можно ли, направляя свет фонарика на плоское зеркало, осветить находящееся за ним мнимое изображение?

89. Если человек посмотрит в зеркало, показанное на рис. 52, то он увидит свое лицо «перевернутым».

Почему?

90. В «Занимательной физике» Я. И. Перельмана описано устройство, состоящее из четырех плоских зеркал и позволяющее «видеть» сквозь непрозрачное препятствие (рис. 53).

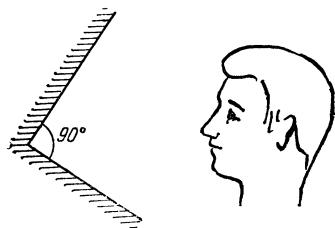


Рис. 52

Будет ли предмет, рассматриваемый через это устройство, казаться расположенным в том месте, где он действительно находится?

91. На рис. 54 показано устройство, которое, по мысли изобретателя, позволяет сконцентрировать световую

энергию на сколь угодно малой площади. Оно представляет собой коническую трубу, от внутренней поверхности которой отражаются лучи, посылаемые источником  $S$ . Совершив ряд отражений, эти лучи выйдут че-

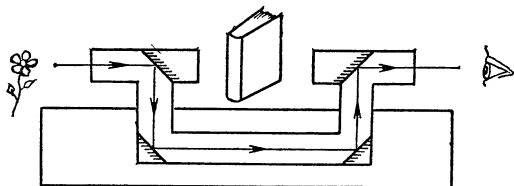


Рис. 53

рез отверстие  $AA$ , которое можно сделать сколь угодно малым, и, следовательно, таким путем можно достигнуть сколь угодно большой концентрации световой энергии.

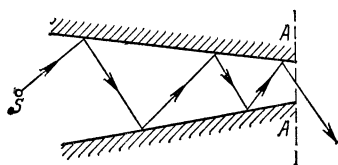


Рис. 54

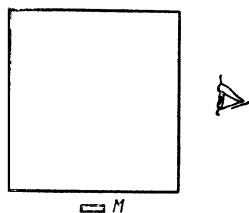


Рис. 55

Указать ошибку в этом проекте.

92. На рис. 55 изображена стеклянная призма, поставленная на монету  $M$ .

Можно ли увидеть монету через боковую грань призмы?

93. При фотографировании некоторого предмета с расстояния 5 м требуется время экспозиции 0,1 с. Фокусное расстояние объектива равно 5 см.

Какое время экспозиции нужно для съемки того же предмета с расстояния 10 м?

94. С помощью собирающей линзы на экране было получено изображение некоторого предмета в натуральную величину. Затем, изменяя положение предмета и линзы, добились того, что площадь изображения увеличилась в девять раз.

Во сколько раз уменьшилась его освещенность?

95. Предметы, отстоящие от уличного фонаря на 10 м, освещаются им вчетверо слабее, чем предметы, удаленные от него на 5 м. Однако с расстояния 10 м этот фонарь кажется столь же ярким, как с расстояния 5 м.

Почему?

96. При рассматривании через лупу диаметр монеты увеличивается в два раза.

Во сколько раз увеличивается ее толщина? (Плоскость монеты параллельна плоскости лупы.)

97. Придумать оптическую систему, которая увеличивает предметы, находящиеся у ее левого конца (рис. 56, а), и уменьшает предметы, расположенные у ее правого конца (рис. 56, б),

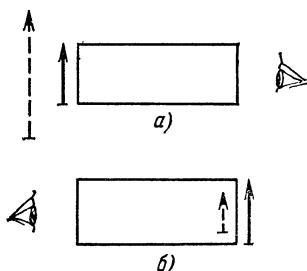


Рис. 56



Рис. 57

98. Проколов булавкой отверстие в листе бумаги и расположив лист в 2—3 см от глаза, посмотрите на свет (рис. 57, а). Затем на расстоянии в несколько миллиметров от глаза поместите булавку так, чтобы видеть ее на фоне светлого отверстия. Тогда обнаружится, что булавка видна «вверх ногами», т. е. так, как показано на рис. 57, б.

Объяснить описанное явление,

99. Расположив спичку между глазом и книжным текстом, закроем ею какое-нибудь слово. Попробуем затем сделать то же самое, держа спичку на расстоянии 1—2 см от глаза. В этом случае текст будет виден «сквозь» спичку.

! Почему?

100. Если листья растений наблюдать при свете *синей* лампы, то обнаруживается интересное изменение окраски: *зеленые* листья кажутся *малиново-красными*.

Объяснить это явление.

## ОТВЕТЫ И РЕШЕНИЯ

### КИНЕМАТИКА

1. На 4,1 м/с.

2. Рассмотрим первый случай, когда для подъема на высоту 29,4 м затрачивается 6 с. Найдем скорость, которую приобретает камень через 6 с после начала движения:

$$v = v_0 - gt = 34,3 - 9,8 \cdot 6 = -24,5 \text{ м/с.}$$

Отрицательный ответ показывает, что в рассматриваемый момент камень будет иметь скорость, направленную не вверх, а вниз. Отсюда следует, что если бросить камень вверх со скоростью  $v_0 = 34,3$  м/с, то он достигнет высоты  $H = 29,4$  м не за 6 с, а за меньшее время, а через 6 с будет на этой высоте вторично — опускаясь вниз. Это можно обнаружить также следующим путем. Вычислим время, нужное для того, чтобы при начальной скорости 34,3 м/с камень поднялся на высоту 29,4 м. Положив в формуле

$$H = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

значения  $H = 29,4$  м,  $v_0 = 34,3$  м/с и  $g = 9,8$  м/с<sup>2</sup>, получим

$$29,4 = 34,3t - 4,9t^2,$$

$$t^2 - 7t + 6 = 0,$$

$$t_1 = 1 \text{ с}, \quad t_2 = 6 \text{ с.}$$

Таким образом, камень будет на данной высоте дважды: первый раз через 1 с (поднимаясь вверх) и второй — через 6 с (опускаясь вниз).

Аналогично обстоит дело и во втором случае. Здесь камень, брошенный вверх со скоростью 24,5 м/с,

окажется на высоте 29,4 м в момент, определяемый равенством

$$29,4 = 24,5t - 4,9t^2,$$

откуда

$$t_1 = 2 \text{ с}, \quad t_2 = 3 \text{ с}.$$

Следовательно, он достигнет этой высоты не через 3 с, а через 2 с. Спустя же 3 с будет на этой высоте вторично — опускаясь вниз.

Итак, оба рассмотренных случая относятся не к подъему, а к последующему за ним спуску. Но для того чтобы достигнуть таким путем высоты 29,4 м за 3 с, нужна, очевидно, меньшая начальная скорость, чем для того, чтобы сделать это за 6 с. Из изложенного также следует, что достигнуть высоты 29,4 м за 6 с или за 3 с можно *только опускаясь*. Поднимаясь же, этого нельзя сделать ни при какой начальной скорости.

3. Неправильно, так как при  $v_0 = 10 \text{ м/с}$  и  $a = -6 \text{ м/с}^2$  трамвай остановится через

$$t = -v_0/a = 10/6 = 1,67 \text{ с},$$

т. е. раньше, чем через 2 с. Удовлетворить поставленному в задаче требованию нельзя ни при каком значении  $a$ , ибо при  $s = 8 \text{ м}$  и  $t = 2 \text{ с}$  получим

$$s = \frac{v_0 + v}{2} t,$$

$$v_0 + v = \frac{2s}{t} = \frac{2 \cdot 8}{2} = 8 \text{ м/с}.$$

Но при  $v_0 = 10 \text{ м/с}$  и  $v > 0$  это невозможно.

4. Не будет. Если бы катушка стала скатываться с наклонной плоскости, то она начала бы вращаться вокруг точки  $C$  против часовой стрелки. Но тогда точка  $B$  стала бы удаляться от точки  $A$ , т. е. нить  $AB$  стала бы растягиваться, что невозможно.

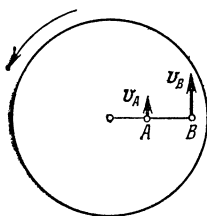


Рис. 58

5. Может. Пусть, например, наблюдатели  $A$  и  $B$  неподвижно стоят на вращающейся платформе и занимают положения, показанные на рис. 58. В этом случае скорость  $v_B$  по модулю больше скорости  $v_A$ , а наблюдатель  $B$  кажется наблюдателю  $A$  неподвижным.

6. 1 м/с. С точки зрения наблюдателя  $A_1$  все окружающее пространство вращается вокруг точки  $O_1$ . По-

этому движение наблюдателя  $A_2$  будет для наблюдателя  $A_1$  складываться из двух движений: из вращения вместе с окружающим пространством вокруг точки  $O_1$  и из вращения вместе с платформой вокруг точки  $O_2$ . В первом из этих движений скорость наблюдателя  $A_2$  равна

$$v' = \omega \cdot O_1 A_2$$

и направлена так, как показано на рис. 59. Во втором же движении его скорость равна

$$v'' = \omega \cdot O_2 A_2$$

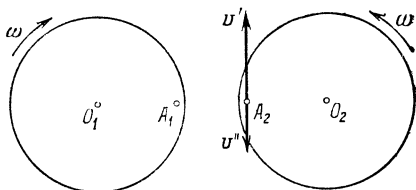


Рис. 59

и направлена в сторону, противоположную  $v'$ . Поэтому результирующая скорость наблюдателя  $A_2$  относительно наблюдателя  $A_1$  равна

$$v' - v'' = \omega \cdot O_1 A_2 - \omega \cdot O_2 A_2 = 1 \cdot 3 - 1 \cdot 2 = 1 \text{ м/с.}$$

Очевидно, она направлена в сторону  $v'$ .

В силу симметрии скорость наблюдателя  $A_1$  относительно наблюдателя  $A_2$  также будет равна 1 м/с и будет направлена в ту же сторону.

7. Неправильно. Это видно хотя бы из того, что при очень малом угле  $\alpha$  (блоки расположены близко друг к другу) полученная формула приводит к ответу  $u \approx 2v$ , тогда как в этом случае, очевидно, должно быть  $u \approx v$ .

Скорость груза можно найти так. За малый промежуток времени  $\Delta t$  перемещение каждого конца вертикальных участков нитей  $v \Delta t$  связано с перемещением  $u \Delta t$  точки  $C$  (рис. 60) следующим соотношением:

$$v \Delta t = u \Delta t \cos \alpha,$$

откуда

$$u = v / \cos \alpha.$$

8. Для этого толщина каждого катка должна во всех направлениях быть одинаковой. Но этим свойством обладают не только круглые катки. На рис. 61 изображена одна из кривых, ширина которой по всем направлениям одинакова. Она состоит из трех дуг радиуса  $R$  и трех дуг радиуса  $r$ . Центры этих дуг находятся в



точках  $O_1$ ,  $O_2$  и  $O_3$ , служащих вершинами правильного треугольника. Ширина такой кривой, очевидно, одинакова во всех направлениях и равна  $R+r$ . Поэтому

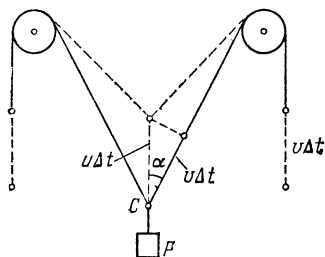


Рис. 60

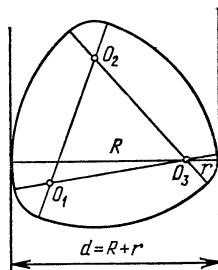


Рис. 61

круглые катки можно заменить катками, профили которых очерчены по таким кривым.

## СТАТИКА

9. Останутся, так как вес дробы, наполняющей ящик, не изменится. Действительно, представим себе, что дробь радиуса  $R$  заполняет весь ящик. Выделим в этом ящике малую область, размеры которой все же велики по сравнению с  $R$ , и обозначим ее объем через  $V$ , а объем заполняющей ее дробы — через  $V'$ . Ясно, что если  $R$  задано, то  $V'$  пропорционально  $V$ . Следовательно,  $V'/V = k$ , где  $k$  — коэффициент, который может зависеть только от  $R$ . С другой стороны, если увеличить радиус  $R$  и во столько же раз увеличить все линейные размеры рассматриваемой области, то объемы  $V'$  и  $V$  увеличатся в одно и то же число раз и отношение  $V'/V$  останется неизменным. Таким образом, изменяя  $R$ , мы не изменяем коэффициента  $k$ . Следовательно, этот коэффициент является величиной постоянной, из чего заключаем, что  $V'$  зависит только от  $V$ . Поэтому если изменить радиус дробы, наполняющей ящик, то объем, занимаемый дробью, не изменится, и, следовательно, не изменится ее вес.

10. Изменится. Это особенно ясно в случае, когда силы  $F_1$  и  $F_2$  приложены вблизи опор  $A$  и  $B$ . Тогда доска почти не будет прогибаться под действием сил  $F_1$  и  $F_2$ , но будет иметь заметный прогиб под действием силы  $R$ . В этом факте нет ничего парадоксального, так как равнодействующая двух сил, приложенных к раз-

ным точкам *деформируемого* тела, не эквивалентна этим силам.

11. Равнодействующей сил  $F_1$ ,  $F_2$  и  $F_3$  можно с одинаковым основанием считать как силу  $R$ , приложенную в точке  $C$ , так и силу  $R'$ , приложенную в точке  $D$ . Вообще, равнодействующая нескольких сил, приложенных к различным точкам твердого тела, *не имеет определенной точки приложения*, но имеет определенную *линию действия*.

12. На правую часть балки действует со стороны левой не сила  $R$ , а совокупность нескольких сил, приложенных в разных точках проведенного сечения. Эти силы можно свести к силе  $F_C$ , равной по модулю силе  $P_{BC}$ , и паре сил  $F-F$  (рис. 62). Векторная сумма всех этих сил равна нулю. Кроме того, моменты пар  $F-F$  и  $F_C-P_{BC}$  одинаковы и действуют в противоположные стороны, так что суммарный момент всех этих сил тоже равен нулю. Эти два условия и объясняют равновесие балки.

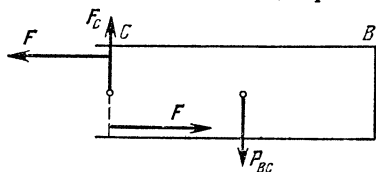


Рис. 62

13. На рис. 63 изображена кинематическая схема равноплечих весов. Из нее видно, что чашки весов могут перемещаться *только вверх и вниз* (без наклона). При

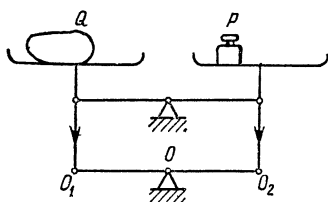


Рис. 63

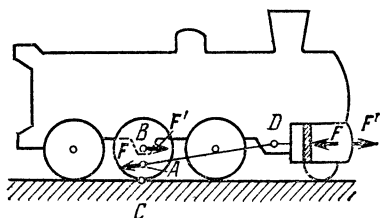


Рис. 64

любом положении гири  $P$  и взвешиваемого предмета  $Q$  силы, действующие на рычаг  $O_1O_2$ , будут проходить через его концы, как показано стрелками. И если  $O_1O = OO_2$  и  $P = Q$ , то весы будут в равновесии.

14. Пусть сила, с которой пар давит на поршень цилиндра, равна  $F$  (рис. 64). Тогда сила, с которой шатун  $DA$  действует на колесо, по модулю также будет равна  $F$ . (Строго говоря, она несколько больше, но если пренебречь небольшим наклоном шатуна, то ее можно

считать равной  $F$ .) Но пар давит также и на переднюю стенку цилиндра, действуя на нее с силой  $F' = F$ . Однако цилиндр жестко связан с паровозом, и, следовательно, эта сила передается через корпус паровоза на колесо. Поэтому в точке  $B$  к колесу приложена сила  $F'$ , направленная вправо. Таким образом, на колесо действуют две равные по модулю силы  $F$  и  $F'$ , одна из которых приложена в точке  $A$ , а другая — в точке  $B$ . Каждая из этих сил стремится вращать колесо вокруг точки  $C$ , но плечо  $BC$  больше плеча  $AC$ . (Если пренебречь небольшим наклоном шатуна, то плечом силы  $F$  будет отрезок  $AC$ .) Поэтому колесо вращается по часовой стрелке, т. е. катится вправо.

Итак, в положении, которое изображено на рис. 64, колесо движется вперед не под действием шатуна, а под действием паровоза, который приводится в движение непосредственно силой  $F'$  давления пара.

15. Неустойчиво. Действительно, пусть чашка немного повернется вокруг точки  $O$  по часовой стрелке. Тогда шарик сместится и займет положение, изображенное на рис. 65. Сила  $P$ , с которой он давит на чашку, вертикальна, и ее линия действия проходит через точку  $O'$  —

центр сферической поверхности чашки. Но так как эта точка расположена выше

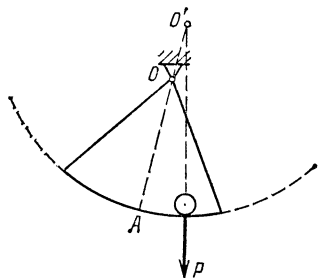


Рис. 65

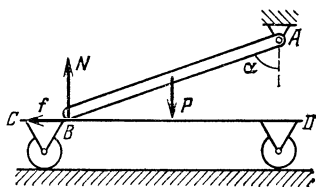


Рис. 66

точки  $O$  (ибо  $OA = 10$  см, а  $O'A = 15$  см), то линия действия силы  $P$  проходит правее опоры  $O$ . Поэтому чашка станет поворачиваться вокруг точки  $O$  по часовой стрелке, т. е. будет увеличивать свое отклонение. Следовательно, равновесие чашки неустойчиво.

16. Неправильно, так как если тележка станет двигаться, то стержень будет давить на нее с силой меньшей, чем  $P/2$ . В самом деле, при движении тележки на стержень действуют сила тяжести  $P$ , сила реакции  $N$  в точке  $B$ , сила трения  $f$  (рис. 66). Стержень остается

в покое, и поэтому сумма моментов этих сил относительно точки  $A$  равна нулю:

$$P \cdot \frac{AB}{2} \sin \alpha - N \cdot AB \sin \alpha - f \cdot AB \cos \alpha = 0,$$

или, учитывая, что  $f = kN$ , имеем

$$P \cdot \frac{AB}{2} \sin \alpha - N \cdot AB \sin \alpha - kN \cdot AB \cos \alpha = 0,$$

откуда

$$N = \frac{P}{2} \frac{\sin \alpha}{\sin \alpha + k \cos \alpha}.$$

Отсюда видно, что  $N < P/2$ . Чтобы сдвинуть тележку влево, необходима сила

$$f = kN = k \frac{P}{2} \frac{\sin \alpha}{\sin \alpha + k \cos \alpha}.$$

Она меньше, чем  $kP/2$ .

17. Сумма моментов сил  $F$ ,  $N$  и  $f$  равна (см. рис. 11)

$$M_A = F \cdot AE - N \cdot BC + f \cdot AB.$$

Подставив сюда  $AE = 0,2$  м,  $BC = 0,05$  м и  $AB = 0,1$  м, получим

$$M_A = 0,2F - 0,05N + 0,1f.$$

Далее, если шкив вращается, то  $f = kN = 0,6N$ , и поэтому

$$M_A = 0,2F - 0,05N + 0,1 \cdot 0,6N = 0,2F + 0,01N.$$

Отсюда видно, что  $M_A$  не обращается в нуль ни при каком (положительном) значении  $N$ . Таким образом, предположение о том, что шкив вращается, приводит к противоречию. Следовательно, как бы ни были велики силы, приводящие шкив в движение, он вращаться не будет (произойдет заклинивание шкива). Это явление будет наблюдаться всегда при достаточно малом расстоянии  $BC$ . Оно должно быть тем меньше, чем меньше  $k$ .

## ДИНАМИКА

18. Так как колеса паровоза не скользят по рельсам, то

$$f_1 \leq kP_1,$$

где  $P_1$  — вес паровоза,  $f_1$  — сила трения между его ко-

лесами и рельсами и  $k$  — коэффициент трения стали о сталь.

Поскольку колеса вагонов также не скользят по рельсам, то

$$f_2 \leq kP_2,$$

где  $P_2$  — вес вагонов и  $f_2$  — сила трения вагонных колес о рельсы.

Из написанных неравенств и из того факта, что  $P_2 > P_1$ , очевидно, нельзя сделать вывод, что  $f_2$  обязательно должно быть больше  $f_1$ .

19. Трение диска о плоскость является *трением качения* и поэтому не может быть сведено к горизонтальной силе  $f$ , как это было бы в случае трения скольжения. При качении диска он слегка вдавливается в плоскость, вследствие чего на него действует сила  $F$ , направленная примерно так, как показано на рис. 67. Поскольку го-

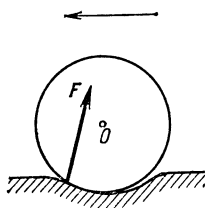


Рис. 67

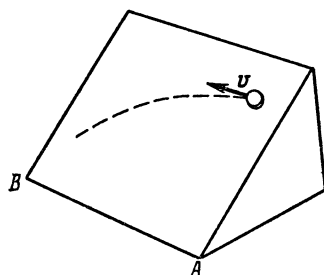


Рис. 68

ризонтальная составляющая этой силы направлена вправо, скорость диска будет уменьшаться. Вместе с тем момент этой силы относительно точки  $O$  направлен по часовой стрелке и, следовательно, тормозит движение диска.

20. Как только монета получит указанную скорость, сила трения окажется направленной противоположно скорости  $v$ . Так как эта сила *горизонтальна*, то она не сможет препятствовать движению монеты вниз по наклонной плоскости. В результате монета станет двигаться по кривой, изображенной на рис. 68.

21. Скорость  $v$  можно разложить на составляющие  $v_1$  и  $v_2$ . Точно так же силу  $f$  можно разложить на составляющие  $f_1$  и  $f_2$ . Но из того факта, что  $f = kv^2$ , вовсе не следует, что  $f_1 = kv_1^2$ ,  $f_2 = kv_2^2$ ,

Действительно, из рис. 14 видно, что

$$f_1 = f \cos 60^\circ,$$

и так как  $f = kv^2$ , то

$$f_1 = kv^2 \cos 60^\circ.$$

С другой стороны,  $v_1 = v \cos 60^\circ$ , следовательно,

$$kv_1^2 = kv^2 \cos^2 60^\circ.$$

Сравнивая два последних равенства, убеждаемся в том, что  $f_1 \neq kv_1^2$ . Аналогично придем к выводу, что  $f_2 \neq kv_2^2$ .

## 22. Уравнение

$$\omega^2 l \sin \alpha \cos \alpha = g \sin \alpha$$

распадается на два:

$$\omega^2 l \cos \alpha = g, \quad \sin \alpha = 0.$$

Первое из них имеет решение, определяемое равенством

$$\cos \alpha = \frac{g}{\omega^2 l}, \quad (1)$$

а решением второго служит

$$\alpha = 0. \quad (2)$$

В данном случае

$$\frac{g}{\omega^2 l} > 1 \quad (3)$$

и, следовательно, остается лишь решение (2), т. е. стержень *вообще не будет отклоняться от вертикали*. Так будет при любой угловой скорости  $\omega$ , удовлетворяющей неравенству (3), т. е. при

$$\omega < \sqrt{g/l}.$$

Если же

$$\omega > \sqrt{g/l},$$

то будут иметь смысл оба указанных решения, однако можно доказать, что положение  $\alpha = 0$  является неустойчивым, и поэтому стержень фактически отклонится на угол, определяемый равенством (1).

23. Согласно приведенным в условии равенствам (1) и (2), упругая сила пружины равна

$$x - 10,$$

а центростремительная сила равна

$$10 + 2x.$$

Но при любом положительном  $x$  справедливо неравенство

$$x - 10 < 10 + 2x.$$

Следовательно, как бы ни растягивалась пружина, развиваемая ею упругая сила будет меньше центростремительной силы, нужной для вращения шарика. Поэтому шарик должен неограниченно удаляться от центра, а пружина — неограниченно растягиваться. Практически этого, конечно, не будет, и через некоторое время процесс растяжения пружины закончится. Это произойдет тогда, когда в результате значительного удлинения пружины ее жесткость станет существенно больше первоначальной. Тогда ее упругая сила станет больше определяемой равенством (1) и им нельзя будет пользоваться.

24. Система, по существу, состоит из двух частей: платформы и шара  $A$ . Движение шара  $A$  вызывает силу  $F$ , приложенную к платформе. По третьему закону Ньютона такая же по модулю сила, но противоположная по направлению действует со стороны стержня на шар  $A$  (рис. 69). Сумма этих двух сил равна нулю, а значит, центр тяжести системы будет оставаться в покое.

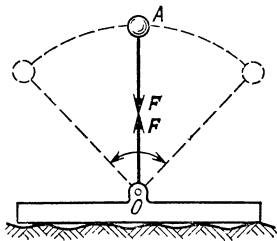


Рис. 69

25. Силы  $F_1$  и  $F_2$  образуют пару, а пара сил сообщает телу вращение *вокруг его центра*

масс; поэтому данное тело начнет вращаться вокруг точки  $C$  (см. рис. 18). Поскольку это вращение направлено *по часовой стрелке*, точка  $B$  станет двигаться вверх, т. е. в направлении, противоположном силе  $F_2$ .

26. Работа, совершенная человеком, и кинетическая энергия, потерянная камнем, были израсходованы на движение поезда. Человек и камень «помогли» паровозу тянуть состав.

27. Сможет. Это непосредственно следует из *принципа относительности Галилея*. Согласно этому принципу, в системе отсчета, движущейся прямолинейно и равномерно, все механические явления протекают так же, как в неподвижной системе. Поэтому на палубе корабля, движущегося прямолинейно и равномерно, велосипедист сможет так же легко удерживать равновесие, как и на палубе неподвижного корабля.

28. Поле тяготения такой плоскости подобно электростатическому полю бесконечной плоскости, несущей равномерно распределенный заряд. Поэтому оно однородно, и, следовательно, сила  $F$  не зависит от расстояния  $a$ .

29. Гравитационные силы Луны сообщают ускорение как Земле, так и находящейся на ее поверхности воде. Если бы эти ускорения были одинаковы, то приливов не было бы. Но так как центр Земли находится от Луны не на таком же расстоянии, как поверхность океана, то эти ускорения оказываются различными. Таким образом, Земля и покрывающая ее вода движутся под действием Луны не вполне «синхронно», что и приводит к возникновению приливов и отливов. Если бы Земля была так же мала, как космический корабль, то все точки земного шара были бы одинаково удалены от Луны и приливы не возникали бы.

30.  $v_\infty = 4,84$  км/с. Пусть начальная скорость ракеты равна  $v_0$ , а ее скорость в бесконечности равна  $v_\infty$ . Тогда можно написать

$$\frac{mv_0^2}{2} - \frac{mv_\infty^2}{2} = \Delta U, \quad (1)$$

где  $\Delta U$  — приращение потенциальной энергии ракеты при перемещении ее с поверхности Земли в бесконечность. Значение  $\Delta U$  легко найти следующим путем. Положим в равенстве (1)  $v_0 = v_*$ , где  $v_*$  — вторая космическая скорость. Так как в этом случае  $v_\infty$  обращается в нуль, то получим

$$mv_*^2/2 = \Delta U. \quad (2)$$

Таково значение  $\Delta U$ . Подставив теперь (2) в (1), найдем

$$\frac{mv_0^2}{2} - \frac{mv_\infty^2}{2} = \frac{mv_*^2}{2},$$

откуда

$$v_\infty = \sqrt{v_0^2 - v_*^2}.$$

Полученная формула позволяет вычислить  $v_\infty$ , если известна  $v_0$ . Подставляя в нее  $v_0 = 12,2$  км/с, находим

$$v_\infty = \sqrt{12,2^2 - 11,2^2} = 4,84 \text{ км/с.}$$

31. Для этого самолет должен двигаться с ускорением, направленным вниз и равным  $g$ . Иначе говоря, он



должен двигаться подобно телу, брошенному в вакууме (рис. 70).

32. Для этого достаточно поднять руку и двигать ею так, как показано на рис. 71. При этом космонавт будет вращаться вокруг своей продольной оси в направлении, противоположном вращению руки. (Подобным же образом поворачивается вокруг своей оси падающая кошка.)

33. На увеличение скорости вращения космического корабля вокруг его продольной оси.

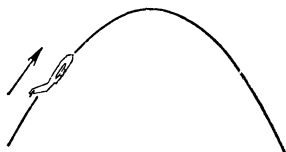


Рис. 70



Рис. 71

34. Будет. Причина этого состоит в следующем. Пусть человек держит какой-либо предмет, скажем шар  $A_0$  (рис. 72). Так как человек и шар участвуют во вращательном движении космического корабля, то в момент, когда шар выпускается из рук, он имеет скорость,

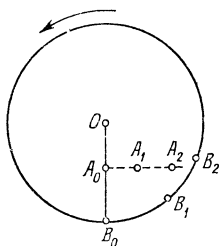


Рис. 72

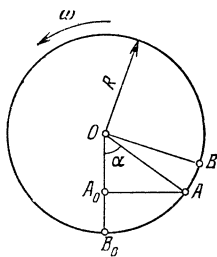


Рис. 73

направленную перпендикулярно к  $OA_0$ . Поэтому в дальнейшем он станет двигаться прямолинейно, проходя через положения  $A_0, A_1, A_2, \dots$ . В то же время точка  $B_0$  будет двигаться по окружности, проходя через положения  $B_0, B_1, B_2, \dots$ . Поэтому наблюдатель, находящийся в корабле, будет видеть, что шар приближается к этой точке, т. е. «падает».

35. В точке, отстоящей на 1,07 м от точки  $B_0$ . Пусть шар, о котором говорится в решении предыдущей задачи, выпускается из рук в точке  $A_0$  (рис. 73). Так как

он будет двигаться перпендикулярно к  $OA_0$ , то в некоторый момент времени он достигнет точки  $A$ . Точка же  $B_0$  успеет к этому моменту переместиться в положение  $B$ . Вычислим расстояние  $AB$ .

Дуга

$$B_0B = \omega R t,$$

где  $\omega$  — угловая скорость корабля, а  $t$  — время, за которое шар проходит путь  $A_0A$ . Так как время

$$t = \frac{A_0A}{v} = \frac{A_0A}{\omega \cdot OA_0},$$

то дуга

$$B_0B = \omega R \frac{A_0A}{\omega \cdot OA_0} = R \frac{A_0A}{OA_0} = R \operatorname{tg} \alpha. \quad (1)$$

Далее, поскольку дуга

$$B_0A = R\alpha, \quad (2)$$

то, согласно (1) и (2), дуга

$$AB = B_0B - B_0A = R(\operatorname{tg} \alpha - \alpha), \quad (3)$$

где  $\alpha$  определяется равенством

$$\cos \alpha = \frac{R - A_0B_0}{R}. \quad (4)$$

Подставив в (4) и (3) числовые данные, найдем

$$\cos \alpha = \frac{10 - 2}{10} = 0,8,$$

$$\alpha = 36^\circ 52' = 0,643.$$

Таким образом, дуга

$$\begin{aligned} AB &= 10(\operatorname{tg} 36^\circ 52' - 0,643) = \\ &= 1,07 \text{ м.} \end{aligned}$$

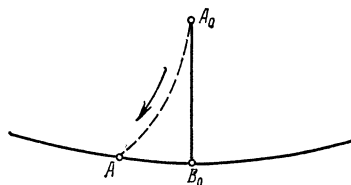


Рис. 74

Полученный результат показывает, что, падая «вниз», этот шар довольно сильно отклоняется влево. Поэтому его траектория относительно корабля будет выглядеть примерно так, как показано на рис. 74.

## ГИДРОСТАТИКА

36. Вода оказывает на ртуть некоторое давление, которое передается на грань  $AF$ . Следовательно, сила, действующая на нижнюю часть бруска, больше веса

ртути в объеме  $ABEF$ . Вместе с тем сила, с которой вода действует на верхнюю часть бруска, будет не выталкивающей, а погружающей.

Однако можно показать, что указанные ошибки компенсируют друг друга, и в итоге получается правильный результат. Действительно, к грани  $AF$  приложено давление

$$p_{AF} = (h + BC) \cdot \rho_1 g + AB \cdot \rho_2 g,$$

где  $h$  — толщина слоя воды над гранью  $CD$ ,  $\rho_1$  — плотность воды и  $\rho_2$  — плотность ртути. В то же время к грани  $CD$  приложено давление

$$p_{CD} = h \rho_1 g.$$

Следовательно, сила, выталкивающая брусок, равна

$$F = (p_{AF} - p_{CD}) S = BC \cdot S \rho_1 g + AB \cdot S \rho_2 g,$$

где  $S$  — площадь грани  $AF$ . Из полученного выражения видно, что сила  $F$  равна весу воды в объеме  $BCDE$  плюс вес ртути в объеме  $ABEF$ .

37. Левая. На алюминий будет действовать выталкивающая сила  $(P_1/\rho_1)\rho_0$ , где  $P_1$  — вес алюминия,  $\rho_1$  — его плотность и  $\rho_0$  — плотность воды. Следовательно, алюминий будет давить на дно с силой

$$F_1 = P_1 - P_1 \frac{\rho_0}{\rho_1} = 5 - 5 \cdot \frac{1 \cdot 10^3}{2,7 \cdot 10^3} = 3,15 \text{ Н.}$$

Аналогично найдем силу, с которой давит на дно свинец:

$$F_2 = P_2 - P_2 \frac{\rho_0}{\rho_2} = 4 - 4 \cdot \frac{1 \cdot 10^3}{11,3 \cdot 10^3} = 3,65 \text{ Н.}$$

Так как  $F_2 > F_1$ , то перевесит та половина, где находится свинец, т. е. левая.

38. Невесомость здесь достигается лишь в том смысле, что человек, помещенный в такую жидкость, будет находиться в ней в состоянии безразличного равновесия. Однако сила тяжести не будет при этом сжимать его в меньшей степени. Наоборот, на него будет действовать не только сила тяжести  $P$ , но и вес находящегося над ним столба жидкости. Поэтому он будет сжат силой, большей, чем  $P$ . Сказанное верно как для естественной силы тяжести, так и для искусственной.

39. На каплю в опыте Плато действуют две системы сил: силы тяжести, приложенные к каждой частице капли, и силы давления окружающей жидкости, приложен-

ные к поверхности капли. Из того факта, что эти силы уравнивают друг друга, можно сделать лишь тот вывод, что капля будет находиться в равновесии, но нельзя сделать никакого заключения о ее форме. Говорить об уничтожении силы тяжести капли в данном случае нельзя, так как силы тяжести и силы гидростатического давления приложены к разным точкам.

В недостаточности изложенного объяснения опыта Плато можно убедиться на следующем примере. Рассмотрим каплю ртути, лежащую на горизонтальной плоскости. На нее также действуют две уравновешенные силы: сила тяжести и сила реакции. Однако эти силы не уничтожают друг друга, и поэтому капля не принимает форму шара.

Одно из возможных объяснений опыта Плато таково: поскольку капля имеет такую же плотность, как окружающая жидкость, последняя не препятствует капле принять любую форму; поэтому она приобретает ту форму, которую ей сообщают силы поверхностного натяжения, т. е. форму шара.

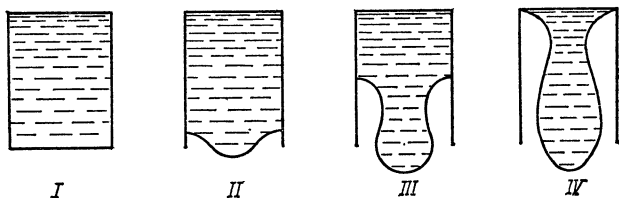


Рис. 75

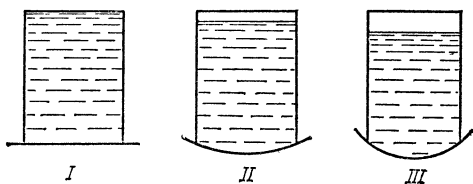


Рис. 76

40. Если убрать лист бумаги, то вода получит возможность произвольным образом изменять свою форму, вследствие чего ее равновесие станет неустойчивым. Например, она может вылиться, проходя через положения I—IV, показанные на рис. 75. Атмосферное давление не будет этому препятствовать, так как объем,

занимаемый стаканом и водой, при этом не увеличивается. Если же стакан с водой накрыт листом бумаги, то вода может вылиться из стакана, лишь проходя через положения I—III, показанные на рис. 76. Но этому препятствует атмосферное давление.

41. Не будет. Действительно, вообразим, что на участке, соединяющем трубки, установлен кран, не допускающий переливания воды. Тогда будем иметь

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

где  $p_1$  — давление с левой стороны крана,  $p_0$  — давление атмосферного воздуха,  $\rho$  — плотность воды и  $h_1$  — высота крана над уровнем  $AA$  (см. рис. 25). Аналогично

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

где  $p_2$  — давление с правой стороны крана и  $h_2$  — высота крана над уровнем  $BB$ . Но так как уровни  $AA$  и  $BB$  одинаковы, то  $h_1 = h_2$  и, следовательно,  $p_1 = p_2$ , т. е. давление воды слева и справа от крана одинаково. Отсюда следует, что если открыть кран, то вода переливаться не будет.

## МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕПЛОТА

42. Телом человека непрерывно выделяется теплота, которая отдается окружающему воздуху. При температуре воздуха, близкой к  $37^\circ\text{C}$ , процесс теплоотдачи замедляется, и в теле человека образуется избыточная внутренняя энергия.

43. Не имеет. Термометр, установленный в тени, показывает температуру окружающего воздуха. Термометр же, установленный на солнце, покажет температуру резервуара с ртутью, которая зависит от его способности поглощать энергию излучения. Поэтому два различных термометра (например, термометр с зачерненным и термометр с блестящим резервуарами), будучи выставлены на солнце, будут показывать различную температуру, чего не бывает с термометрами, установленными в тени.

44. Нет. Охлаждение идеального газа при расширении происходит тогда, когда он совершает работу. В данном же случае газ не совершает никакой работы. Поэтому его внутренняя энергия и его температура не изменятся.

45. Нельзя, так как, расширяясь и совершая работу, этот газ будет охлаждаться, т. е. будет уменьшаться суммарная кинетическая энергия его молекул. Если же он будет расширяться изотермически, то он должен будет черпать теплоту извне (чтобы поддерживать свою температуру постоянной). В этом случае он будет совершать работу за счет уменьшения внутренней энергии окружающей среды. Работа, затраченная на изотермическое сжатие газа, была израсходована на увеличение внутренней энергии этой среды.

46. На 183,3 К. Температура идеального газа пропорциональна средней кинетической энергии его молекул и, следовательно, пропорциональна квадрату средней скорости этих молекул. Поэтому можно написать пропорцию

$$\frac{\Delta T}{150} = \frac{600^2 - 500^2}{500^2 - 400^2},$$

где  $\Delta T$  — искомое повышение температуры. Отсюда находим

$$\Delta T = 150 \cdot \frac{11}{9} = 183,3 \text{ К.}$$

47. 1581 м/с. Будем считать, что заключенный в обоих сосудах газ является идеальным. Тогда его внутренняя энергия

$$U = n \frac{mv_1^2}{2} + n \frac{mv_2^2}{2}, \quad (1)$$

где  $n$  — число атомов в каждом сосуде,  $m$  — масса одного атома,  $v_1$  и  $v_2$  — средние скорости атомов в первом и втором сосудах. Открывая кран и давая газу перемешаться, мы не изменяем его внутренней энергии, и поэтому можно также написать

$$U = 2n \frac{mv^2}{2}, \quad (2)$$

где  $v$  — средняя скорость атомов после смешения. Из равенств (1) и (2) получаем

$$v = \sqrt{\frac{v_1^2 + v_2^2}{2}} = \sqrt{\frac{1000^2 + 2000^2}{2}} = 1581 \text{ м/с.}$$

При решении этой задачи было использовано то обстоятельство, что гелий является одноатомным газом и поэтому кинетическая энергия его атомов связана только с поступательным движением (вращения нет).

48. Это можно сделать следующим образом. Приводя в соприкосновение кубики *A* и *B*, добьемся выравнивания их температур. В результате этого кубики *A*, *B* и *C* будут иметь следующие температуры:

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
100 °C	100 °C	0 °C

Поступив затем точно так же с кубиками *A* и *C*, получим

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
50 °C	100 °C	50 °C

Наконец, производя теплообмен между кубиками *B* и *C*, будем иметь следующее распределение температур:

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
50 °C	75 °C	75 °C

49. Этого нельзя осуществить посредством теплообмена, но можно сделать многими другими способами. Например, давая холодному газу расширяться, можно сжать какую-нибудь пружину. После этого потенциальную энергию сжатой пружины можно использовать для увеличения внутренней энергии горячего газа (например, посредством его адиабатического сжатия).

50. На нагревание комнаты.

51. Мы считали, что уровни воды в сосудах неодинаковы; в действительности же они станут одинаковыми: в левом сосуде будет происходить испарение воды, а в правом — конденсация пара. Так будет продолжаться до тех пор, пока уровень *AA* не сравняется с уровнем *BB*.

52. Сухой воздух тяжелее. Это видно из следующих соображений. Число молекул газа, заключенных в единице объема, зависит только от температуры газа и его давления и, следовательно, не зависит от рода газа. Поэтому в литре влажного воздуха содержится столько же молекул, сколько в литре сухого (при данной температуре и данном давлении). Другими словами, влажный воздух получается из сухого посредством замены некоторых молекул кислорода и азота молекулами воды. Но молекула воды легче молекулы кислорода или азота (молекулярная масса кислорода — 32, азота — 28, воды — 18). Следовательно влажный воздух легче сухого.

53. Не будет (см. решение задачи 41).

54. Можно. Устройство подобного рода называется тепловым насосом и может рассматриваться как «обращенный» тепловой двигатель. Работа теплового двигателя протекает по следующей схеме (рис. 77). От резервуара *I* с термодинамической температурой  $T_1$  рабочее тело получает количество теплоты  $Q_1$ ; часть этого количества оно превращает в работу  $A$ , а оставшееся количество  $Q_2$ , равное  $Q_1 - A$ , передает резервуару *II* с температурой  $T_2$ , меньшей, чем  $T_1$ .

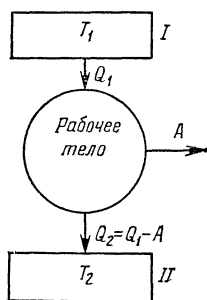


Рис. 77

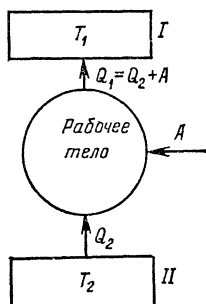


Рис. 78

В тепловом же насосе процесс происходит в обратном порядке (рис. 78). Здесь рабочее тело получает от резервуара *II* количество теплоты  $Q_2$  и вместе с работой  $A$ , полученной от внешнего источника, передает резервуару *I* количество теплоты  $Q_1 = Q_2 + A$ . Температура  $T_1$  выше температуры  $T_2$ . Роль резервуара *II* в тепловом насосе играет уличный воздух, а резервуара *I* — нагреваемое помещение.

К. п. д. идеального теплового двигателя, работающего по циклу Карно (две изотермы и две адиабаты), равен

$$\frac{A}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}.$$

Это соотношение справедливо и для идеального теплового насоса, работающего по обращенному циклу Карно. Видно, что отношение  $A/Q_1$  будет тем меньше, чем меньше разность  $T_1 - T_2$ . Пусть, например, воздух внутри помещения имеет температуру  $+20^\circ\text{C}$ , а уличный воздух — температуру  $-20^\circ\text{C}$ . Тогда

$$T_1 = 273 + 20 = 293 \text{ К}, \quad T_2 = 273 - 20 = 253 \text{ К},$$

$$A/Q_1 = 40/293 = 0,14,$$

т. е. лишь 14 % сообщаемого помещению количества



теплоты придется черпать из работы, а остальные 86 % можно получить от уличного воздуха. (Практически отношение  $A/Q_1$  несколько больше 0,14.)

## ЭЛЕКТРОСТАТИКА

55. В этих полях происходит частичное разделение зарядов незаряженного шара: справа появятся положительные заряды, слева — отрицательные. В поле  $I$  на положительные заряды шара будет действовать сила большая, чем на отрицательные, поэтому шар будет двигаться вправо. В поле  $II$  он будет двигаться влево, а в поле  $III$  будет оставаться в покое, так как это поле однородно.

56. Заряжен, так как если бы его заряд был равен нулю, то он притягивался бы к шару  $A$ , подобно тому как кусочки незаряженной бумаги или металлической фольги притягиваются к наэлектризованному гребню. Нетрудно видеть, что его заряд положителен.

57. Пусть заряд шара  $B$  равен нулю (см. рис. 30). Тогда он будет притягиваться к шару  $A$ , т. е. на него будет действовать сила  $F$ , направленная влево. Сообщим теперь шару  $B$  *очень небольшой* положительный заряд. Тогда сила  $F$  изменится очень мало и, следовательно, будет по-прежнему направлена влево.

58. Зарядится. Действительно, если бы шар  $B$  был соединен проволокой не с внутренней поверхностью шара  $A$ , а с наружной, то он приобрел бы положительный заряд. Но шар  $A$  является проводником, и поэтому потенциал его внутренней поверхности такой же, как наружной. Следовательно, шар  $B$  зарядится и тогда, когда он соединен с внутренней поверхностью шара  $A$ .

Механизм этого процесса состоит в следующем. Электроны, находящиеся на шаре  $B$  и в проволоке, соединяющей шары, будут притягиваться к положительным зарядам шара  $A$  и сначала перейдут на его внутреннюю поверхность, а затем — на наружную. В результате шар  $B$  приобретет положительный заряд.

59. Не обязательно. Потенциал проводника зависит не только от его заряда, но и от наличия других проводников. Сближая проводники, мы изменяем их потенциалы, в результате чего потенциал второго проводника может стать больше, чем был вначале. Пусть, например, первый проводник представляет собой полый шар с отверстием, а второй — небольшой шарик, который вводят

внутри полого шара и касаются его внутренней поверхности. Тогда заряды будут переходить со второго проводника на первый.

60. Положительный. Это связано с тем, что соответствующее смещение зарядов произойдет уже в самом соединительном проводе под действием электрического поля шара  $A$  (см. рис. 32).

61. Потенциал точки  $A$  выше потенциала точки  $B$  лишь до тех пор, пока в поле не внесен проводник  $AB$ . После же 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 внутри проводника.

62. Практически не изменится.

63. Возрастет в три раза. Емкость конденсатора увеличилась в  $\epsilon$  раз, а разность потенциалов осталась неизменной; следовательно, заряд каждой пластины увеличился в  $\epsilon$  раз. Вместе с тем, поскольку разность потенциалов осталась прежней, не изменилась и напряженность поля, в котором находится каждая пластина. Таким образом, сила, действующая на каждую из пластин, увеличилась в  $\epsilon$  раз.

64. Не изменится. Вводя в конденсатор пластину из диэлектрика, мы ослабляем поле в пространстве, занятом этим диэлектриком, но не изменяем поле в зазорах между диэлектриком и пластинами конденсатора. Поэтому силы, действующие на пластины конденсатора, при этом не меняются.

65. Поле плоского конденсатора выглядит так, как показано на рис. 79, т. е. существует и вне его обкладок. Из рисунка видно, что на участке  $KCDL$  оно создает э. д. с., противоположную э. д. с. на участке  $AB$ .

66. Вообще говоря, нет, в чем можно убедиться на следующем простом примере. Пусть поля  $E_1$  и  $E_2$  взаим-

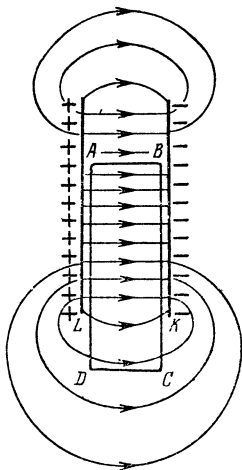


Рис. 79

но уничтожают друг друга. Тогда каждое из этих полей будет обладать некоторой положительной энергией, в то время как энергия поля  $E$  будет равна нулю.

### ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК

67. Нельзя, так как, для того чтобы в замкнутой цепи протекал ток, необходим источник э. д. с.

68. В одном проводнике уменьшится, а в другом может как уменьшиться, так и увеличиться. Например, если сопротивление  $r_1$  увеличить *значительно*, а сопротивление  $r_2$  — *незначительно*, то ток в проводнике с сопротивлением  $r_2$  *увеличится* (см. рис. 38).

69. Не всегда. В проводнике  $BD$  ток будет идти от  $B$  к  $D$ , а в проводнике  $BF$  направление тока зависит от сопротивления проводника  $BD$ . Это видно из следующих соображений. Пусть сначала точка  $B$  не соединена с точками  $D$  и  $F$ . Тогда потенциал точки  $B$  будет выше потенциала точки  $F$ . Соединим теперь точки  $B$  и  $D$  проводником с *очень большим сопротивлением*. Тогда протекающий в нем ток будет очень мал, и поэтому потенциалы всех точек этой цепи останутся практически такими же, как до соединения. Следовательно, потенциал точки  $B$  будет по-прежнему выше потенциала точки  $F$ . Поэтому если соединить точку  $B$  с точкой  $F$ , то ток будет идти от  $B$  к  $F$ .

Рассмотрим теперь другой крайний случай — когда сопротивление проводника  $BD$  *очень мало*. В этом случае сопротивление *всего участка между точками  $B$  и  $D$*  также будет очень мало, и поэтому потенциал точки  $B$  будет близок к потенциалу точки  $D$ . Но так как точка  $D$  имеет более низкий потенциал, чем точка  $F$ , то потенциал точки  $B$  тоже будет ниже потенциала точки  $F$ . Следовательно, если соединить точки  $B$  и  $F$ , то ток пойдет от  $F$  к  $B$ . Таким образом, направление тока в проводнике  $BF$  зависит от сопротивления проводника  $BD$ .

70. Если внутреннее сопротивление аккумулятора  $A_2$  велико, а э. д. с. мала.

71. Это будет при э. д. с.

$$\mathcal{E}_2 = U_B - U_A,$$

где  $U_A$  и  $U_B$  — потенциалы точек  $A$  и  $B$  до присоединения элемента с э. д. с.  $\mathcal{E}_2$ . В этом случае э. д. с.  $\mathcal{E}_2$  будет «уравновешивать» разность потенциалов  $U_B - U_A$  и ток в цепи элемента с э. д. с.  $\mathcal{E}_2$  будет отсутствовать.

При этом сила тока

$$I = \frac{\mathcal{E}_1}{r_1 + r},$$

где  $r_1$  — внутреннее сопротивление элемента с э. д. с.  $\mathcal{E}_1$ .

72. Первый источник тока должен иметь э. д. с., направленную от  $B$  к  $A$ , а второй — от  $B$  к  $C$ . Пусть в цепи, изображенной на рис. 41, б, отсутствуют токи на участках  $AB$  и  $BC$ . Тогда не будет тока и на участке  $BD$ , а так как этот участок не содержит источников тока, то

$$U_B = U_D, \quad (1)$$

где  $U_B$  и  $U_D$  — потенциалы точек  $B$  и  $D$ . На участке  $ACD$  ток будет идти от  $A$  к  $D$  и, следовательно,

$$U_A > U_D, \quad (2)$$

$$U_C > U_D. \quad (3)$$

Из соотношений (1), (2) заключаем, что

$$U_A > U_B$$

и, поскольку ток на участке  $AB$  отсутствует, э. д. с.  $\mathcal{E}_1$  направлена от  $B$  к  $A$ .

Далее, из соотношений (1) и (3) видим, что

$$U_C > U_B.$$

Следовательно, э. д. с.  $\mathcal{E}_2$  направлена от  $B$  к  $C$ .

73. В первом случае ток через лампочку 2 начинает протекать после того, как нить лампы 1 накалилась, вследствие чего ее сопротивление стало значительным. Во втором же случае ток через лампочку 2 начинает идти сразу после включения в сеть, т. е. когда нить лампы 1 еще не нагрелась и ее сопротивление мало. Поэтому лампочка 2 перегорает.

74. Нет. Из пяти ламп заменена только одна, и поэтому ток, протекающий через эти лампы, изменится мало. Так как сопротивление новой лампы заметно меньше сопротивления замененной, ибо она имеет большую номинальную мощность, то она будет светить менее ярко.

75. Освещенность увеличится. Лампочка для карманного фонаря рассчитана на напряжение 3,5 В. Так как это напряжение значительно меньше городского, то сопротивление реостата должно быть во много раз больше сопротивления шести параллельно включенных лампочек. Поэтому когда одна из них перегорит, общее

сопротивление цепи практически не изменится, а следовательно, не изменится и суммарная сила тока, протекающего через лампочки. А так как их сопротивление станет при этом бóльшим, то увеличится и их мощность.

76. Когда обе лампы включены, через каждую из них протекает ток

$$I_1 = \frac{1}{2} \frac{U}{R + r/2} = \frac{U}{2R + r},$$

где  $U$  — напряжение сети, а  $r$  — сопротивление одной лампы. Если же включена лишь одна из ламп, то протекающий через нее ток

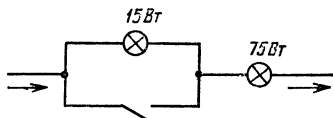


Рис. 80

$$I_2 = \frac{U}{R + r}.$$

Поскольку  $I_1 < I_2$ , ток  $I_1$  может оказаться недостаточным для накала лампы, а ток  $I_2$  — достаточным.

77. Поставленным условиям удовлетворяет схема, изображенная на рис. 80.

## МАГНЕТИЗМ И ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

78. Магнит  $M'$  будет притягивать предметы практически с такой же силой, что и магнит  $M$ .

79. Тем, что второе поле было более однородным.

80. Нет, так как *второй магнит* увеличивает силу, действующую на шарик со стороны *первого магнита* (и наоборот). Это объясняется тем, что изображенные

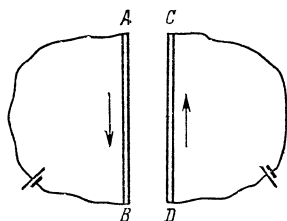


Рис. 81

на рис. 46 магниты намагничивают шарик сильнее, чем каждый из них в отдельности. В результате сила  $F$  будет больше векторной суммы сил  $F_1$  и  $F_2$ .

81. При сближении проводников  $AB$  и  $CD$  (рис. 81) создаваемое ими магнитное поле будет ослабляться, так как протекающие по ним токи направлены в противоположные стороны. Работа, затрачиваемая на сближение этих проводников, превращается в тепло.

82. Перешла в джоулево тепло.

83. Потенциал точки  $B$  будет выше, так как на участке  $BCA$ , где отсутствуют источники э. д. с., ток идет от  $B$  к  $A$ .

84. Магнитный поток будет оставаться постоянным, но по проводнику  $ABCD$  будет идти индукционный ток. Действительно, рассмотрим участок диска между точками  $D$  и  $A$ . Так как этот участок движется в магнитном поле и пересекает его линии, то на нем будет индуцироваться некоторая э.д.с. и, следовательно, по цепи  $ABCD$  будет идти ток. Формальное противоречие с законом индукции возникает здесь потому, что радиус  $DA$  все время «заменяется новым».

85. За счет работы аккумулятора, ибо соленоид «сам» вытягивает железный сердечник.

86. Сопротивление катушек будет больше, чем  $R/2$ . Ток в сети является переменным, и поэтому сопротивление катушки

$$R = \sqrt{R_{\text{акт}}^2 + R_{\text{инд}}^2}, \quad (1)$$

где  $R_{\text{акт}}$  — ее активное сопротивление,  $R_{\text{инд}}$  — индуктивное. После того как на первую катушку намотали вторую,  $R_{\text{акт}}$  стало вдвое меньше, а  $R_{\text{инд}}$  осталось прежним. (Роль второй катушки сводится к увеличению поперечного сечения первой.) Следовательно, сопротивление (1) уменьшится менее чем вдвое.

## ОПТИКА

87. Можно.

88. Можно. Лучи от фонарика  $S$  будут в этом случае идти так, как показано на рис. 82. Отражаясь от зеркала, они будут падать на предмет  $A$  и, увеличивая его освещенность, сделают изображение  $A'$  более ярким. При этом предмет  $A$  будет освещен так, как будто на него падает свет от источника  $S'$ . Но если бы за зеркалом находился предмет  $A'$  и на него падал свет от источника  $S$ , то он был бы освещен точно так же. Поэтому, освещая мнимое изображение предмета в зеркале, мы получаем такой же эффект, как от освещения реального предмета.

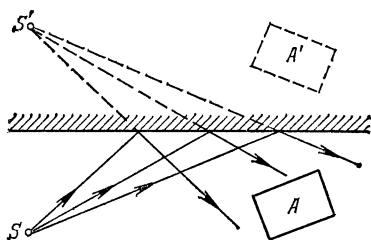


Рис. 82

89. Из рис. 83 видно, что при отражении точки  $A$  в зеркале 1 получается точка  $A'$ , а при отражении точки  $A'$  в зеркале 2 получается точка  $A''$ . Тот же результат получится, если сначала произойдет отражение в зеркале 2, а затем — в зеркале 1. Так как точки  $A$  и  $A'$  расположены симметрично друг другу относительно центра  $O$ , то такая же симметрия будет иметь место между предметом и его изображением в зеркалах 1 и 2.

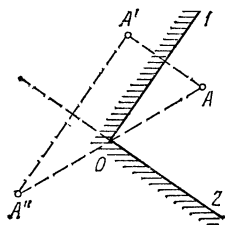


Рис. 83

90. Нет. На рис. 84 показано, как происходит отражение в этих зеркалах. В результате отражения точки  $A$  в зеркале 1 получается точка  $A_1$ . Затем, после отражения точки  $A_1$  в зеркале 2, получается точка  $A_2$ . После этого, в результате отражения в зеркале 3, получается точка  $A_3$  и, наконец, после отражения в зеркале 4 — точка  $A_4$ . Последняя является изображением точки  $A$  и,

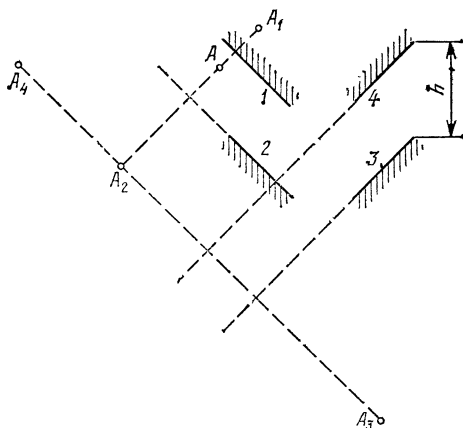


Рис. 84

как видно из рисунка, смещена относительно точки  $A$  влево. Вычисление показывает, что это смещение равно  $2h$ , где  $h$  — расстояние, показанное справа.

91. Лишь небольшая часть лучей, посылаемых источником  $S$ , достигнет отверстия  $AA$ . Большинство же лучей проделает путь, подобный показанному на рис. 85, т. е. после ряда отражений вернется обратно.

92. Нельзя. На рис. 86 показан один из лучей, идущих от монеты. Так как

$$\sin \beta = \frac{\sin \alpha}{n}, \text{ а } \sin \gamma = \cos \beta,$$

то

$$\sin \gamma = \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \alpha}{n^2}},$$

где  $n$  — показатель преломления стекла. Но изображен-

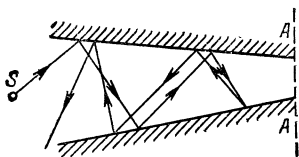


Рис. 85

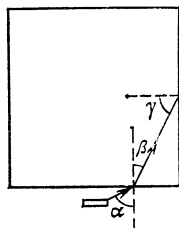


Рис. 86

ный на рисунке луч сможет выйти через боковую грань призмы лишь при условии

$$\sin \gamma \leq 1/n.$$

(В противном случае произойдет полное отражение.) Следовательно, должно выполняться неравенство

$$\sqrt{1 - \frac{\sin^2 \alpha}{n^2}} \leq \frac{1}{n},$$

откуда

$$\sin^2 \alpha \geq n^2 - 1.$$

Таково условие, которому должен удовлетворять угол  $\alpha$ , чтобы изображенный луч вышел через боковую грань призмы. Но этому требованию можно удовлетворить лишь в случае, если

$$n^2 \leq 2,$$

т. е. если

$$n \leq \sqrt{2} = 1,41.$$

А так как показатель преломления стекла больше этого значения, то увидеть монету через боковую грань призмы невозможно.



93. 0,1 с. Расстояние от пленки до объектива в обоих случаях практически одинаково, так как оно очень мало отличается от 5 см. Поэтому линейные размеры изображения во втором случае уменьшаются вдвое, а площадь — вчетверо. Но попадающий в объектив световой поток во втором случае также в четыре раза меньше

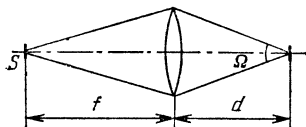


Рис. 87

( $10^2/5^2 = 4$ ). Поэтому освещенность пленки, а следовательно, и необходимое время экспозиции в обоих случаях практически одинаковы.

94. В четыре раза. Освещенность  $E$  изображения пропорциональна отношению  $\Phi/S$ , где  $\Phi$  — проходящий через линзу световой поток, а  $S$  — площадь изображения (рис. 87). Поэтому

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{\Phi_2/S_2}{\Phi_1/S_1} = \frac{\Phi_2}{\Phi_1} \frac{S_1}{S_2}$$

(индекс 1 относится к первому изображению, а индекс 2 — ко второму). Но так как  $S_1/S_2 = 1/9$ , то

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{1}{9} \frac{\Phi_2}{\Phi_1}. \quad (1)$$

Вычислим отношение  $\Phi_2/\Phi_1$ . Поток  $\Phi$  пропорционален телесному углу  $\Omega$ , а последний обратно пропорционален  $d^2$ . Следовательно,

$$\Phi_2/\Phi_1 = d_1^2/d_2^2. \quad (2)$$

Далее, так как в первом случае размеры изображения равны размерам оригинала, то

$$d_1 = 2F, \quad (3)$$

где  $F$  — фокусное расстояние линзы. Во втором же случае размеры изображения втрое больше размеров пред-

мета, так как площадь изображения в девять раз больше. Следовательно,

$$f_2 = 3d_2.$$

Так как

$$\frac{1}{f_2} + \frac{1}{d_2} = \frac{1}{F},$$

то

$$\frac{1}{3d_2} + \frac{1}{d_2} = \frac{1}{F},$$

откуда

$$d_2 = 4F/3. \quad (4)$$

Из (3) и (4) получаем

$$d_1/d_2 = 3/2,$$

откуда на основании (2) и (1) будем иметь

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{1}{9} \left( \frac{3}{2} \right)^2 = \frac{1}{4}.$$

**95.** При удалении от фонаря уменьшается попадающий в глаз световой поток. Однако при этом во-столько

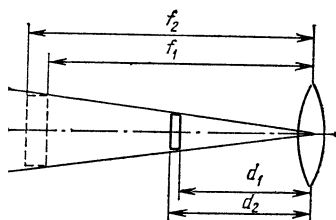


Рис. 88

же раз уменьшается площадь изображения на сетчатке (см. решение задачи 93). Поэтому освещенность сетчатки не уменьшается.

**96.** В четыре раза. На рис. 88 сплошными линиями показана монета, а штриховыми — ее мнимое изображение. На основании формулы линзы будем иметь

$$\frac{1}{d_1} - \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F}, \quad \frac{1}{d_2} - \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F},$$

откуда

$$\frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_2} = \frac{1}{f_1} - \frac{1}{f_2}, \quad \frac{d_2 - d_1}{d_1 d_2} = \frac{f_2 - f_1}{f_1 f_2}.$$

Но так как толщина монеты мала, то

$$d_1 \approx d_2, \quad f_1 \approx f_2.$$

Поэтому последнее равенство можно записать в виде

$$\frac{d_2 - d_1}{d_2} = \frac{f_2 - f_1}{f^2}, \quad \text{или} \quad \frac{f_2 - f_1}{d_2 - d_1} = \left(\frac{f}{d}\right)^2,$$

где  $d$  — среднее расстояние от линзы до монеты, а  $f$  — до ее изображения. Но отношение  $f/d$  равно увеличению диаметра монеты. Следовательно,

$$\frac{f_2 - f_1}{d_2 - d_1} = 2^2 = 4.$$

Полученное равенство показывает, что толщина монеты увеличивается в четыре раза.

97. Примером такой системы может служить система, показанная на рис. 89. Здесь  $F$  — фокус собирающей линзы.

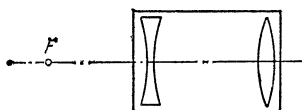


Рис. 89

98. Булавочное отверстие играет роль точечного источника света (рис. 90). Вследствие этого на сетчатке

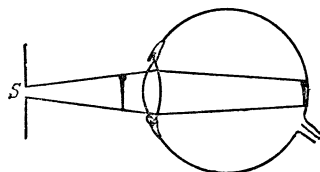


Рис. 90

глаза возникает тень от булавки, и так как отверстие  $S$  находится вблизи глаза, то эта тень будет прямой. Поэтому булавка кажется перевернутой.

99. Из рис. 91, *а* видно, что если спичка *S* находится вблизи строки *Q*, то ни один луч, выходящий из *Q*, не попадает в зрачок *AB* (рисунок изображает вид сбоку).

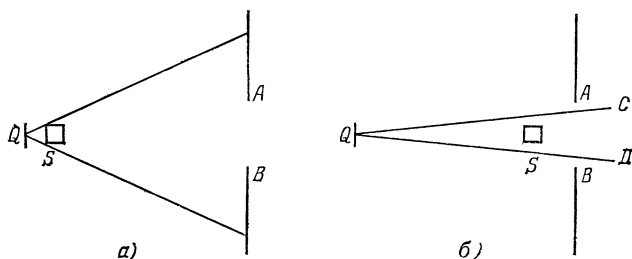


Рис. 91

Если же спичка расположена у самого глаза (рис. 91, *б*), то некоторые лучи, например *QC* и *QD*, проходят внутрь зрачка.

100. Стекло обычной синей лампы пропускает не только синие лучи, но частично и красные. Вместе с тем листья растений отражают не только зеленый, но отчасти и красный свет.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ КОНСТАНТЫ

Гравитационная постоянная  
Нормальное ускорение свободного падения  
Скорость света в вакууме  
Магнитная постоянная

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$$

$$g_n = 9,8 \text{ м/с}^2$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м} =$$

$$= 12,57 \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$$

$$\epsilon_0 = (\mu_0 c^2)^{-1} = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$$

Электрическая постоянная

Постоянная Планка

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$$

Масса покоя электрона

$$m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$$

протона

$$m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

нейтрона

$$m_n = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

Отношение массы протона к массе электрона

$$m_p/m_e = 1836,15$$

Элементарный заряд

$$e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

Отношение заряда электрона к его массе

$$e/m_e = 1,76 \cdot 10^{11} \text{ Кл/кг}$$

Постоянная Авогадро

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

Атомная единица массы

$$1 \text{ а. е. м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

Постоянная Фарадея

$$F = N_A e = 96484,56 \text{ Кл/моль}$$

Универсальная газовая постоянная

$$R = 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$$

Нуль шкалы Цельсия

$$T_0 = 273,15 \text{ К}$$

Нормальное давление

$$p_0 = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

Молярный объем идеального газа при нормальных условиях

$$V_m = RT_0/p_0 = 22,41 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{моль}$$

Постоянная Больцмана

$$k = R/N_A = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$$

Постоянная Стефана—Больцмана

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К}^4)$$

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»  
ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ  
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ  
117071 МОСКВА В-71, ЛЕНИНСКИЙ ПРОСПЕКТ, 15

---

*ИМЕЮТСЯ В ПРОДАЖЕ КНИГИ ДЛЯ ПОСТУПАЮЩИХ  
В ВУЗЫ И УЧАЩИХСЯ ТЕХНИКУМОВ*

- БУТИКОВ Е. И., БЫКОВ А. А., КОНДРАТЬЕВ А. С. **Физика в примерах и задачах.** — 2-е изд., 1983, 464 с., 95 к.
- БУТИКОВ Е. И., БЫКОВ А. А., КОНДРАТЬЕВ А. С. **Физика для поступающих в вузы.** — 2-е изд., 1982, 608 с., 1 р. 20 к.
- ГУРСКИЙ И. П. **Элементарная физика с примерами задач.** — 3-е изд., 1984, 448 с., 1 р. 10 к.
- ЖДАНОВ Л. С., ЖДАНОВ Г. Л. **Физика для средних специальных учебных заведений.** — 4-е изд., 1984, 512 с., 1 р. 30 к.
- Задачи по физике/**Воробьев И. И., Зубков П. И., Кутузова Г. А. и др.; Под ред. О. Я. Савченко, 1981, 432 с., 95 к.
- Задачи по физике для поступающих в вузы/**Бендриков Г. А., Буховцев Б. Б., Керженцев В. В., Мякишев Г. Я. — 5-е изд., 1984, 400 с., 1 р.
- ЗУБОВ В. Г., ШАЛЬНОВ В. П. **Задачи по физике.** — 11-е изд., 1985, 256 с., 50 к.
- МЕЛЕДИН Г. В. **Физика в задачах: Экзаменационные задачи с решениями,** 1985, 208 с., 45 к.
- ПИНСКИЙ А. А. **Задачи по физике,** 1977, 288 с., 65 к.
- Сборник задач и вопросов по физике для средних специальных учебных заведений/**Гладкова Р. А., Добронравов В. Е., Жданов Л. С., Цодиков Ф. С.; Под ред. Р. А. Гладковой. — 6-е изд., 1983, 320 с., 80 к.
- Сборник задач по физике/**Баканина Л. П., Белонучкии В. Е., Козел С. М., Мазанько И. П.; Под ред. С. М. Козела, 1983, 288 с., 75 к.
- ШАСКОЛЬСКАЯ М. П., ЭЛЬЦИН Э. А. **Сборник избранных задач по физике.** — 5-е изд., 1986, 224 с., 40 к.
- Элементарный учебник физики: В 3-х т./**Под ред. Г. С. Ландсберга.  
Т. 1. **Механика. Теплота. Молекулярная физика.** — 10-е изд., 1985, 544 с., 1 р. 40 к.  
Т. 2. **Электричество и магнетизм.** — 10-е изд., 1985, 480 с., 1 р. 10 к.  
Т. 3. **Колебания и волны. Оптика. Строение атома.** — 10-е изд., 1986, 656 с., 1 р. 50 к.

**ЯВОРСКИЙ Б. М., ПИНСКИЙ А. А. Основы физики: В 2-х т.**

**Т. 1. Механика. Молекулярная физика. Электродинамика.—**  
3-е изд., 1981, 480 с., 1 р. 20 к.

**Т. 2. Колебания и волны. Квантовая физика.—** 3-е изд., 1981,  
448 с., 1 р. 20 к.

Серия «Библиотечка физико-математической  
школы»

**ЛАНГЕ В. Н. Экспериментальные физические задачи на смекалку.—**  
3-е изд., 1985, 128 с., 25 к.

**ЛЮБИМОВ К. В., НОВИКОВ С. М. Знакомимся с электрическими  
цепями.—** 2-е изд., 1981, 96 с., 15 к.

**МАЙЕР В. В. Простые опыты по криволинейному распространению  
света, 1984, 128 с., 25 к.**

**МАЙЕР В. В. Простые опыты со струями и звуком, 1985, 128 с.,  
25 к.**

*ПРИБРЕТАЙТЕ ПЕРЕЧИСЛЕННЫЕ ВЫШЕ ИЗДАНИЯ В  
МАГАЗИНАХ КНИГОТОРГА, РАСПРОСТРАНЯЮЩИХ ЛИТЕРА-  
ТУРУ ДАННОЙ ТЕМАТИКИ*

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»  
ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ  
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ  
117071 МОСКВА В-71, ЛЕНИНСКИЙ ПРОСПЕКТ, 15

---

*ГОТОВЯТСЯ К ИЗДАНИЮ В 1987 ГОДУ КНИГИ ПО ФИЗИКЕ  
ДЛЯ ПОСТУПАЮЩИХ В ВУЗЫ И УЧАЩИХСЯ ТЕХНИКУМОВ*

**Сборник задач по элементарной физике/Буховцев Б. Б., Кривченков В. Д., Мякишев Г. Я., Сараева И. М. — 5-е изд.**

Пособие составлено на основе материала, изложенного в «Элементарном учебнике физики» под редакцией академика Г. С. Ландайсберга (10-е изд., 1985—1986 гг.). Большое внимание уделено задачам повышенной трудности, требующим глубокого знания материала; все они снабжены решениями. В новом издании формулировки и решения задач переработаны с учетом последних ГОСТов.

Для учащихся и преподавателей средней школы, слушателей подготовительных отделений вузов, а также для лиц, ведущих внеклассную работу по физике.

**БОРОВОЙ А. А. Начало атомного века: Пять замечательных открытий.**

Лекции автора для старшеклассников — слушателей Школы естественных наук при Институте атомной энергии им. И. В. Курчатова. Книга выйдет в серии «Библиотечка физико-математической школы». В ней рассказано о крупнейших экспериментальных открытиях в физике начала двадцатого века, оказавших огромное влияние на развитие науки и техники и проложивших пути к овладению ядерной энергией. Эти открытия объединяет высокое мастерство, получение точных результатов и их тщательная проверка.

Для учащихся и преподавателей средних школ и техникумов, студентов вузов, а также для лиц, интересующихся историей физики,



*Борис Юрьевич Коган*

## СТО ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ

Редакторы *Л. И. Гладнева, В. А. Григорова*  
Художественный редактор *Т. Н. Кольченко*  
Технический редактор *Е. В. Морозова*  
Корректоры *Е. А. Рычагова, Е. В. Сидоркина*

ИБ № 12968

Сдано в набор 18.09.85. Подписано к печати 06.01.86. Формат 81×108/32. Бумага тип. № 3. Гарнитура литературная. Печать высокая. Уел. печ. л. 3 36. Уч.-изд. л. 2,7. Уел. кр.-от. 3,78. Тираж 200 000 экз. Заказ № 723 Цена 10 коп.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Наука»  
Главная редакция физико-математической литературы  
117071 Москва В-71, Ленинский проспект, 15

Ленинградская <sup>и</sup> типография № 2 головное предприятие ордена Трудового Красного Знамени Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфин и книжной торговли.  
198052, г. Ленинград Л-52, Измайловский проспект, 29.

10 коп.

# СТО ЗАДАЧ по ФИЗИКЕ

