

The background of the cover is a collage of various physics-related diagrams and sketches. In the top right, there are three parallel arrows pointing downwards towards a curved line. Below that is a diagram of a bar magnet with 'N' and 'S' poles. To the left of the magnet is a rectangular object with a dotted pattern and '+' signs. In the bottom right, there is a small logo of an open book with rays emanating from it. The bottom half of the cover features more complex diagrams, including a dashed line with arrows and a rectangular object with a checkmark.

Б.Ю КОГАН

СТО ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ

Б. Ю. КОГАН

СТО ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
МОСКВА 1965



Scan AAW

530.1

К 57

УДК 530.10 (075)

АННОТАЦИЯ

Сборник состоит из занимательных задач, большая часть которых построена на различных парадоксах и софизмах. Многие задачи носят качественный характер.

Задачник предполагает знание физики в объеме программы средней школы.

Ко всем задачам даны ответы, а к большинству — подробные решения.

ЗАДАЧИ И ВОПРОСЫ

КИНЕМАТИКА

1. Поезд начинает движение из состояния покоя и равномерно увеличивает свою скорость. На первом километре пути она возросла на 10 м/сек . На сколько возрастет она на втором километре?

2. Камень брошен вертикально вверх и движется в пустоте. Попробуем определить, с какими начальными скоростями его нужно бросать, чтобы подъем на высоту $29,4 \text{ м}$ занял 6 сек и 3 сек .

Решая эту задачу по формуле

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

и подставляя в нее $H = 29,4 \text{ м}$, $t = 6 \text{ сек}$ и $g = 9,8 \text{ м/сек}^2$, будем иметь

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

откуда

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

Точно так же, полагая в этой формуле $H = 29,4 \text{ м}$ и $t = 3 \text{ сек}$, получаем

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

и, следовательно,

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

Таким образом, чтобы подняться на указанную высоту за 6 сек , нужна начальная скорость $34,3 \text{ м/сек}$, а чтобы сделать это за 3 сек , требуется скорость $24,5 \text{ м/сек}$. 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/сек , вожатый включает тормоза, и трамвай начинает двигаться

равномерно замедленно. Найдём, при каком ускорении (отрицательном) он пройдет за 2 сек путь 8 м.

Решая эту задачу по формуле

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

получаем

$$8 = 10 \cdot 2 + \frac{a \cdot 2^2}{2},$$

откуда

$$a = \frac{8 - 10 \cdot 2}{2} = -6 \text{ м/сек}^2.$$

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.)

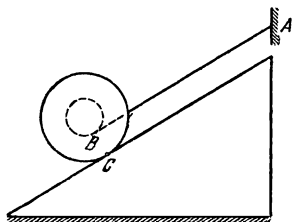


Рис. 1.

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

этих условиях наблюдатель B казаться наблюдателю A неподвижным?

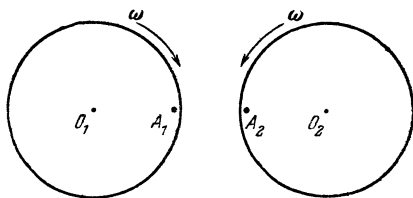


Рис. 2

6. Две круглые платформы расположены рядом и вращаются в противоположных направлениях (рис. 2). Расстояние между их центрами равно 5 м, угловая ско-

рость каждой платформы равна 1 сек^{-1} . На платформах на расстояниях 2 м от их центров находятся наблюдатели A_1 и A_2 , занимающие в данный момент положения, изображенные на чертеже. 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 чертежа находим

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

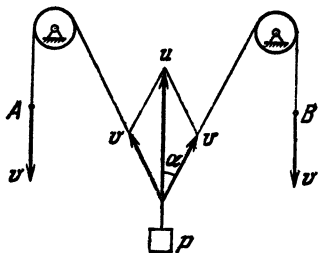


Рис. 3.

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?

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

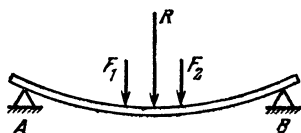


Рис. 4.

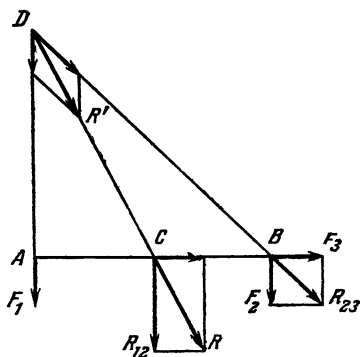


Рис. 5.

доски, если заменить эти силы их равнодействующей R ?

11. Пусть требуется сложить силы F_1 , F_2 , F_3 , 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 , 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' ,

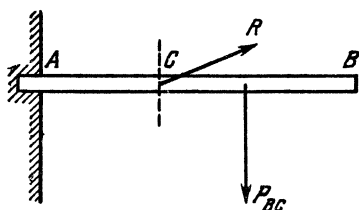


Рис. 6.

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

12. Консольная балка AB закреплена в стене (рис. 6). Рассечем ее мысленно в точке C и рассмотрим силы, действующие на правую часть балки. Ими

являются вес P_{BC} и сила R , с которой левая часть балки действует на правую. Следовательно, эти силы уравновешиваются (так как балка находится в покое). Но как бы ни была направлена сила R , она не сможет уравновесить силу P_{BC} , ибо эти силы не направлены по одной прямой. Объяснить противоречие.

13. Если изменить одно из плеч рычага, равновесие нарушится. Почему же предмет, взвешиваемый на обыкновенных весах (рис. 7), можно помещать на чашке этих весов где угодно?

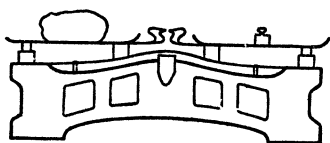


Рис. 7.

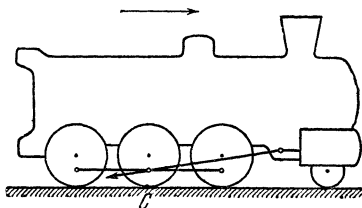


Рис. 8.

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 , как показано на рис. 9. В центре чашки лежит тяжелый шарик весом P , находящийся в равновесии. Расстояние OA равно 10 см, радиус чашки равен 15 см. Устойчиво ли равновесие этой системы?

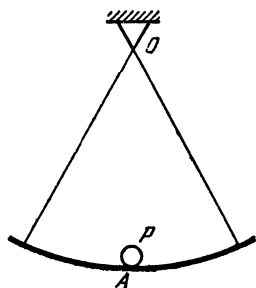


Рис. 9.

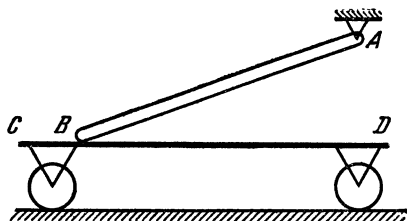


Рис. 10.

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 $k \frac{P}{2}$. Отсюда заключаем, что для того, чтобы сдвинуть тележку влево, нужна сила $F = k \frac{P}{2}$ (если пренебречь трением между колесами тележки и горизонтальной плоскостью). Правильен ли этот вывод?

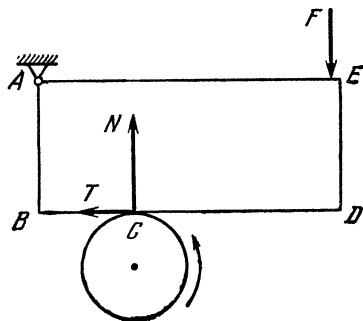


Рис. 11.

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, $F = 3$ кг. 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 , реакция шкива N и сила трения

$T = kN$, где k — коэффициент трения. Так как колодка находится в покое, то сумма моментов этих сил относительно точки A равна нулю. Следовательно,

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

откуда

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

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

Подставив сюда числовые данные, получим

$$T = 3 \frac{k \cdot 20}{5 - k \cdot 10} = \frac{60k}{5 - 10k},$$

что при $k = 0,3$ дает

$$T = 9 \text{ кг}.$$

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

$$T = \frac{60 \cdot 0,6}{5 - 10 \cdot 0,6} = -36 \text{ кг},$$

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

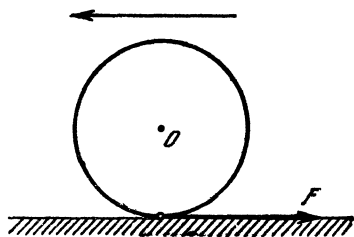


Рис. 12.

гораздо больше веса паровоза. Поэтому сила трения между рельсами и вагонами должна быть, как будто, больше силы трения между рельсами и паровозом. Почему же паровоз в состоянии двигать состав?

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 вращения 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 в направлении, параллельном AB ? Будет ли ее движение прямолинейным?

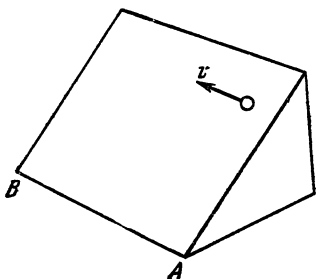


Рис. 13.

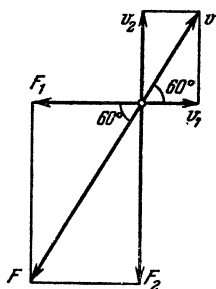


Рис. 14.

21. Шар движется в воздухе, имея в данный момент скорость v (рис. 14). Так как сила сопротивления воздуха пропорциональна квадрату скорости, то ее можно представить в виде

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

где k — коэффициент пропорциональности. С другой стороны, разложив скорость v на горизонтальную и вертикальную составляющие, получим

$$\begin{aligned} v_1 &= v \cos 60^\circ, & v_2 &= v \sin 60^\circ, \\ F_1 &= kv_1^2 = kv^2 \cos^2 60^\circ, & F_2 &= kv_2^2 = kv^2 \sin^2 60^\circ, \end{aligned}$$

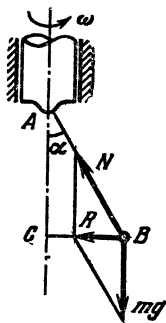
где F_1 и F_2 — силы сопротивления, вызванные составляющими v_1 и v_2 . Следовательно, полная сила сопротивления равна

$$\begin{aligned} F &= \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = \sqrt{(kv^2 \cos^2 60^\circ)^2 + (kv^2 \sin^2 60^\circ)^2} = \\ &= kv^2 \sqrt{\frac{5}{8}}, \end{aligned}$$

что не совпадает с (1). Чем объясняется полученное расхождение?

22. Вертикальный вал вращается с угловой скоростью ω . 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 $\omega = 14$ сек⁻¹ и $\omega = 7$ сек⁻¹.

На шар действуют следующие силы: вес mg и сила N со стороны стержня (сила натяжения стержня). Так как их равнодействующая является центростремительной силой, то она должна быть направлена так, как показано на рис. 15. Отсюда заключаем, что



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

Далее, так как

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

то

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

Рис. 15.

Решая это уравнение, будем иметь

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

или

$$\cos \alpha = \frac{g}{\omega^2 l}.$$

Полученное равенство определяет угол α . Подставив сюда $l = 10$ см, и $\omega = 14$ сек⁻¹, найдем

$$\cos \alpha = \frac{980}{14^2 \cdot 10} = \frac{1}{2},$$

откуда $\alpha = 60^\circ$. Однако при $\omega = 7$ сек⁻¹ получим

$$\cos \alpha = \frac{980}{7^2 \cdot 10} = 2,$$

что невозможно, так как $\cos \alpha$ не может быть больше единицы. Чем объясняется полученный результат и каково значение α при $\omega = 7$ сек⁻¹?

23. В точке A диска, вращающегося вокруг вертикальной оси, прикреплена пружина, на другом конце которой закреплен шарик B весом 20 Г (рис. 16). Пружина тако-

ва, что для растяжения ее на 1 см нужна сила 100 Г. Расстояние OA равно 5 см, длина пружины в нерастянутом состоянии равна 10 см. Определим длину пружины при вращении диска с угловой скоростью $\omega = 100 \text{ сек}^{-1}$.

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 $x - 10$, и, так как при удлинении на 1 см пружина развивает силу 100 Г, то

$$F = 100(x - 10). \quad (1)$$

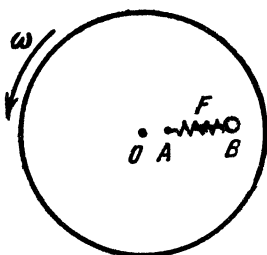


Рис. 16.

Но сила F является центростремительной, и поэтому

$$F = m\omega^2 OB = m\omega^2 (OA + AB) = m\omega^2 (5 + x) = \frac{P}{g} \omega^2 (5 + x),$$

где P — вес шарика. Подставив сюда $P = 20 \text{ Г}$ и $\omega = 100 \text{ сек}^{-1}$, получим

$$F = \frac{20}{980} 100^2 (5 + x) = \frac{10\,000}{49} (5 + x). \quad (2)$$

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

$$100(x - 10) = \frac{10\,000}{49} (5 + x)$$

и, решив это уравнение, найдем

$$x = -\frac{990}{51} \doteq -19,4 \text{ см}$$

Как мог получиться отрицательный ответ?

24. На рис. 17 изображен «летательный аппарат», состоящий из платформы, на которой шарнирно укреплен качающийся стержень OA с

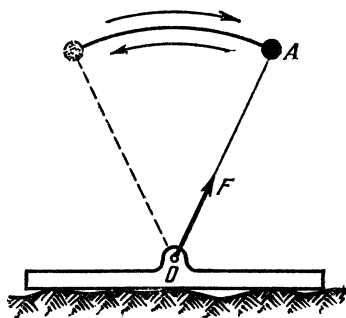


Рис. 17

тяжелым шаром на конце. Когда стержень качается (под действием двигателя), на шарнир O действует центробежная 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 силы F_1, F_2 , направленные в противоположные стороны. В каком направлении станет двигаться точка B ?

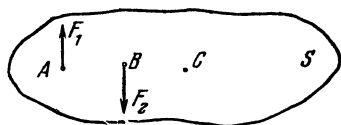


Рис. 18.

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 абсолютная скорость камня 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. 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?

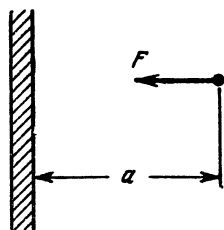


Рис. 19.

30. Пусть космической ракете сообщена вертикальная скорость $11,2 \text{ км/сек}$ (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 го-

вора, скорость в бесконечности, будет равна нулю. Пусть теперь ракете сообщена вертикальная скорость $12,2 \text{ км/сек.}$ Какова будет в этом случае ее скорость в бесконечности? Будет ли она равна $12,2 - 11,2 = 1 \text{ км/сек?}$

31. Кратковременное состояние невесомости (30—40 сек) можно получить в кабине скоростного самолета. Как это сделать?

32. Космонавт, находясь в состоянии невесомости, «повис» внутри кабины спутника Земли. Каким путем он может повернуться на 180° 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 (центробежной), 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 нужную величину.) 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?

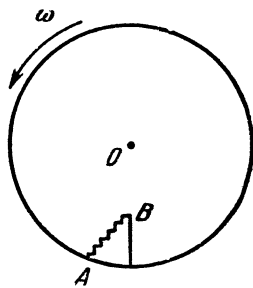


Рис. 20.

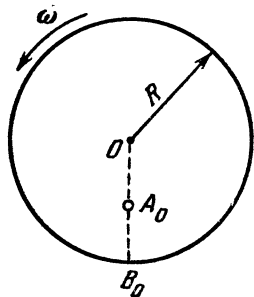


Рис. 21.

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). $A_0B_0 = 2 \text{ м.}$ $R = 10 \text{ м.}$ (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, которая выталкивает брусок, равна весу ртути в объеме $ABEF$ плюс вес воды в объеме $BCDE$. В чем неправильность этого рассуждения?

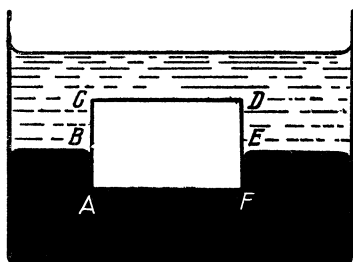


Рис. 22.

37. Сосуд, изображенный на рис. 23, наполнен водой и опирается о ребро неподвижной призмы. В правую часть сосуда опустили кусок алюминия весом в 500 Г, а в левую — кусок свинца весом в 400 Г. Какая часть сосуда перевесит?

38. Взлет космического корабля с Земли происходит с большим ускорением, и поэтому находящийся там

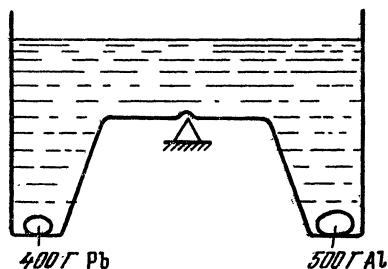


Рис. 23.

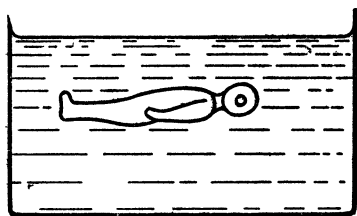


Рис. 24.

космонавт оказывается подверженным действию значительной искусственной тяжести (сила, прижимающая космонавта к месту, на котором он находится). Чтобы избежать этой перегрузки, некоторые авторы предлагали помещать

космонавта в камеру с жидкостью, удельный вес которой равен удельному весу человеческого тела (рис. 24). При этом они исходили из того, что человек, 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, удельный вес которого равен удельному весу 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 таким же удельным весом, как ее собственный, то сила тяжести уничтожается выталкивающей силой жидкости, и поэтому капля принимает форму шара. В чем неправильность 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, однако вода выльется. Почему?

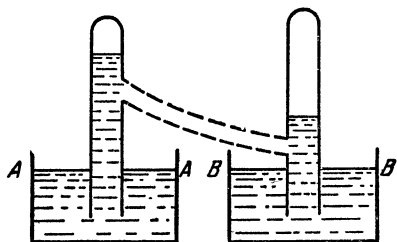


Рис. 25.

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 пунктиром?

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕПЛОТА

42. Нормальная температура тела человека равна приблизительно 37°C . Почему же человеку не холодно при 25°C и очень жарко при 37°C ?

43. Иногда говорят: «Температура в тени 25°C , а на солнце 28°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. Уменьшится ли температура газа, если, открыв кран, предоставить газу возможность расшириться?

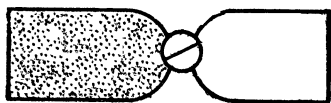


Рис. 26.

45. При изотермическом сжатии идеального газа его температура не изменяется, а, следовательно, не изменяется и кинетическая энер-

гия его молекул. Но так как давление газа при этом увеличивается, то он приобретает способность совершить некоторую работу. Можно ли отсюда сделать вывод, что при изотермическом сжатии идеального газа он приобретает потенциальную энергию?

46. При повышении температуры идеального газа на 150°C средняя скорость его молекул возросла с 400 до 500 м/сек. Насколько нужно нагреть этот газ, чтобы увеличить среднюю скорость его молекул с 500 до 600 м/сек?

47. Два одинаковых сосуда, содержащие одинаковое число атомов гелия, соединены краном. В первом сосуде средняя скорость атомов равна 1000 м/сек, а во втором — 2000 м/сек. Какой будет эта скорость, если открыть кран и сделать сосуды сообщающимися?

48. Медный кубик *A* имеет температуру 200°C , такие же медные кубики *B* и *C* — температуру 0°C . Посредством теплообмена между ними нужно охладить кубик *A* до температуры 50°C и нагреть за счет этого кубики *B* и *C* до температуры 75°C . 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 находится на-

сыщенный 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 давлению воздуха в атмосфере). Объяснить полученное противоречие.

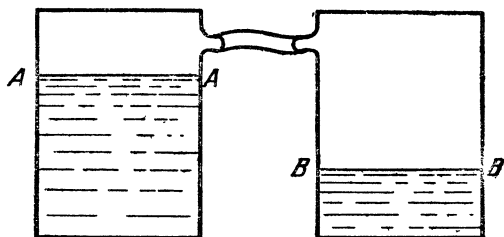


Рис. 27.

52. Какой воздух тяжелее — сухой или сырой?

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 пунктиром?

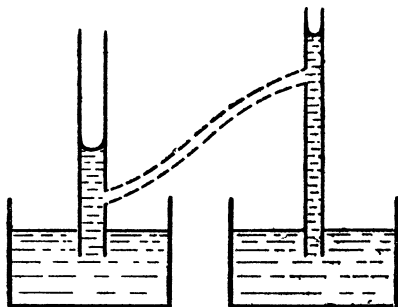


Рис. 28.

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?

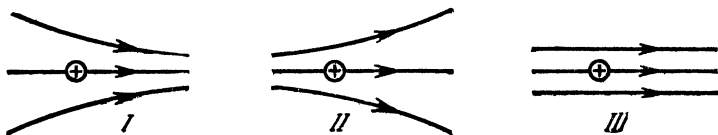


Рис. 29.

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 ?

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.

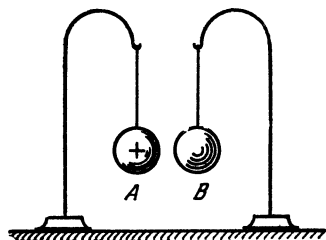


Рис. 30.

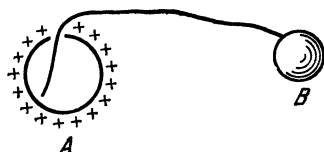


Рис. 31.

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). После 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?

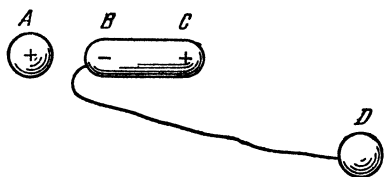


Рис. 32.



Рис. 33.

62. Круглая металлическая пластинка несет заряд $+q$ и притягивает такую же пластинку, несущую заряд

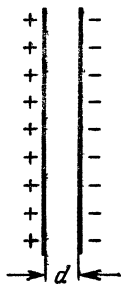


Рис. 34.

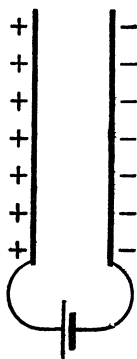


Рис. 35

— q (рис. 34). Диаметр каждой пластинки велик по сравнению с расстоянием между ними. Как изменится сила притяжения пластинок, 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 пластинку 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

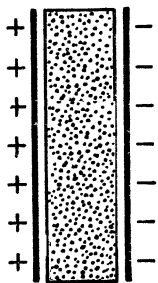


Рис. 36.

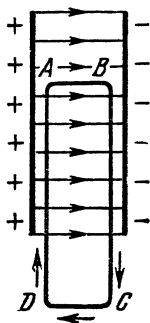


Рис. 37.

показано на рисунке. Так как поле конденсатора сосредоточено между его обкладками, то на участке AB будет действовать электродвижущая сила, направленная от A к B , а на других участках проводника электродвижущая сила будет отсутствовать. По этой причине в проводнике будет непрерывно поддерживаться ток, направленный, как показано на рисунке. 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?

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

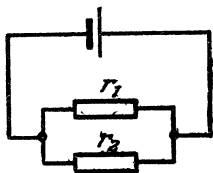


Рис. 38.

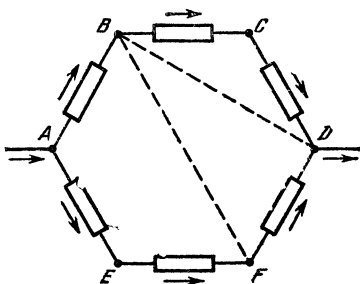


Рис. 39.

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?

71. На рис. 40 изображена цепь, состоящая из двух элементов E_1 и E_2 , сопротивления r и реостата R . В каком случае ток I не будет зависеть от сопротивления реостата?

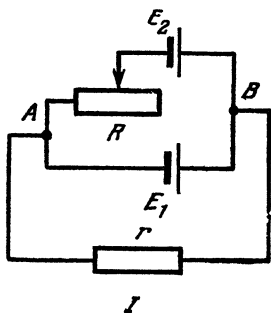


Рис. 40.

72. Рассмотрим цепь, изображенную на рис. 41, а. Чтобы уничтожить токи на участках AB и BC , в цепь были введены источники E_1 и E_2 , показанные на рис. 41, б. 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 лампы

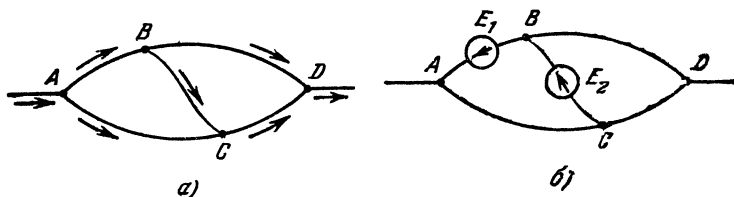


Рис. 41.

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 лампа-

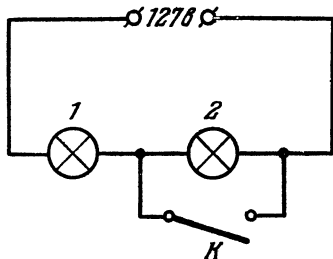


Рис. 42.

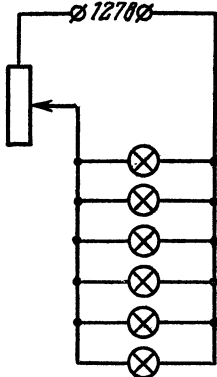


Рис. 43.

ми, 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. На рис. 43 показаны шесть лампочек для карманного фонаря, включенные в городскую сеть с помощью реостата, обеспечивающего нормальный накал каждой лампочки. Уменьшится ли 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 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*.

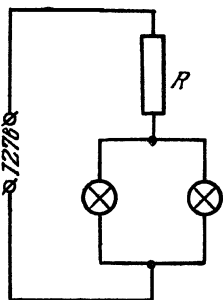


Рис. 44.

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 ?

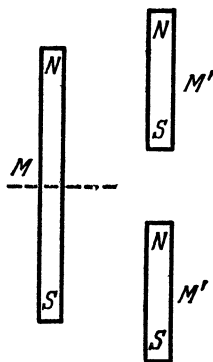


Рис. 45.

79. Шарик из мягкого железа был сначала помещен в слабое магнитное

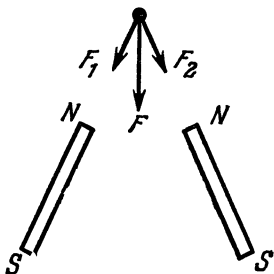


Рис. 46.

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 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 геометрической сумме сил F_1 и F_2 ?

81. Работа, совершаемая при сближении двух отталкивающихся магнитов (рис. 47), очевидно, расходуется на увеличение энергии магнитного поля. На что расходуется работа, затрачиваемая при сближении двух отталкивающихся токов, т. е. двух проводников, по которым текут токи противоположных направлений?

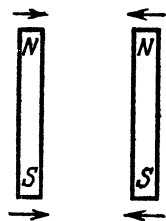


Рис. 47.

82. Через соленоид протекал ток I . Посредством реостата его уменьшили до $0,1 I$, вследствие чего магнитное поле соленоиды почти исчезло. Куда исчезла его энергия?

83. Проводник AB перемещают 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

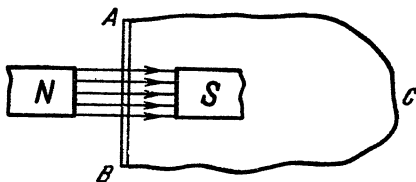


Рис. 48.

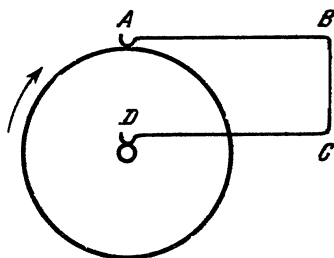


Рис. 49.

магнитном поле, перпендикулярном плоскости чертежа. Меняется ли при вращении диска магнитный поток через контур $ABCD$ и течет ли ток по проводнику $ABCD$?

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,

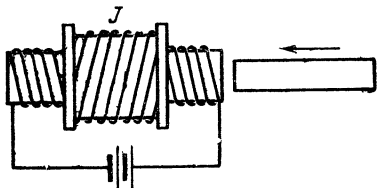


Рис. 50.

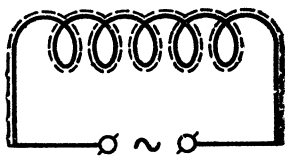


Рис. 51.

точно такую же, и включили ее в цепь параллельно первой. (Вторая катушка показана пунктиром.) Будет ли общее сопротивление катушек равняться $\frac{R}{2}$?

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 зер-

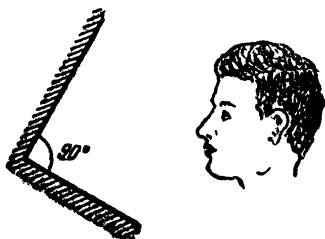


Рис. 52.

кал, позволяющих «видеть» сквозь непрозрачное препятствие (рис. 53). 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 .

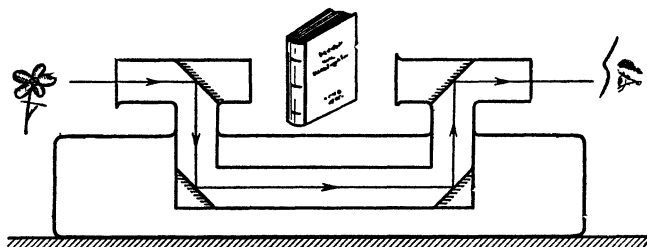


Рис. 53.

Совершив ряд отражений, эти лучи выйдут через отверстие AA , которое можно сделать как угодно малым, и, следовательно, таким путем можно достигнуть сколь угодно большой концентрации световой энергии. Указать ошибку в этом проекте.

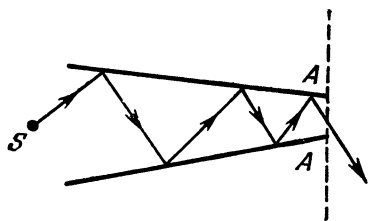


Рис. 54.

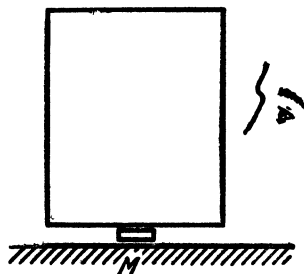


Рис. 55.

92. На рис. 55 изображена стеклянная призма, поставленная на монету M . Можно ли увидеть монету через боковую грань призмы? ь

93. При фотографировании некоторого предмета с расстояния 5 м требуется экспозиция 0,1 сек. Фокус-

ное расстояние объектива равно 5 см. Какая нужна экспозиция 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 9 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).

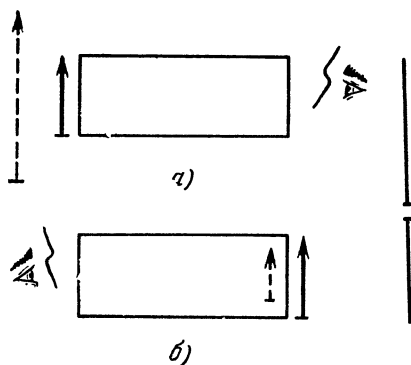


Рис. 56.

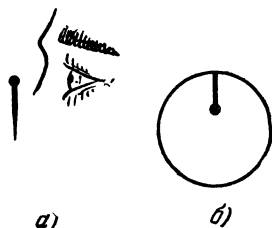


Рис. 57.

98. Сделав в листе бумаги булавочное отверстие 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, закрыть ею какое-нибудь слово. Попробовать 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 $4,1 \text{ м/сек}$.

2. Рассмотрим первый случай (когда для подъема на высоту $29,4 \text{ м}$ затрачивается 6 сек). Вычисляя скорость, которую приобретает камень через 6 сек после начала движения, находим

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

Полученный 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 $v_0 = 34,3 \text{ м/сек}$, то он достигнет высоты $H = 29,4 \text{ м}$ не за 6 сек , а за меньшее время, а через 6 сек будет на этой высоте вторично — опускаясь вниз. Это можно обнаружить также следующим путем. Вычислим время, нужное для того, чтобы при начальной скорости $34,3 \text{ м/сек}$ подняться на высоту $29,4 \text{ м}$. Положив в формуле

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

$H = 29,4 \text{ м}$, $v_0 = 34,3 \text{ м/сек}$ и $g = 9,8 \text{ м/сек}^2$, получим

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

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

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

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

Аналогично обстоит дело и во втором случае. Здесь камень, брошенный вверх со скоростью $24,5 \text{ м/сек}$, окажется на высоте $29,4 \text{ м}$ в момент, определяемый

равенством

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

откуда

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

Следовательно, он достигнет этой высоты не через 3 сек, а через 2 сек, а спустя 3 сек будет на этой высоте вторично — опускаясь вниз.

Итак, оба рассмотренных случая относятся не к подъему, а к последующему спуску. Но для того чтобы достигнуть таким путем высоты H за 3 сек, нужна, очевидно, меньшая начальная скорость, чем для того, чтобы сделать это за 6 сек.

Из изложенного также следует, что достигнуть высоты 29,4 м за 6 сек или за 3 сек можно *только опускаясь*. Поднимаясь же, это нельзя сделать ни при какой начальной скорости.

3. Неправильно, так как при $v_0 = 10$ м/сек и $a = -6$ м/сек² трамвай остановится через

$$t = -\frac{v_0}{a} = \frac{10}{6} = 1,67 \text{ сек},$$

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

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

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

Но при $v_0 = 10$ м/сек и $v > 0$ это невозможно.

4. Не будет. Если бы она стала скатываться с наклонной плоскости, то 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.

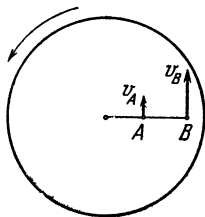


Рис. 58.

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 больше скорости v_A , а наблюдатель B кажется наблюдателю A неподвижным.

6. 1 м/сек. С точки зрения наблюдателя A_1 все окружающее пространство вращается вокруг точки O_1 . Поэтому 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

$$v' = \omega O_1 A_2$$

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

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

и направлена в сторону, противоположную v' . Поэтому

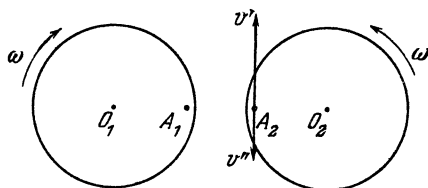


Рис. 59.

результатирующая скорость наблюдателя A_2 относительно наблюдателя A_1 равна

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

Очевидно, она направлена в сторону v' .

В силу симметрии, скорость наблюдателя A_1 относительно наблюдателя A_2 также будет равна 1 м/сек и будет направлена в ту же сторону. Таким образом, в данном случае каждый из наблюдателей будет считать, что другой отстает.

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

Скорость груза можно найти следующим путем. Разложим скорость u на составляющие u_1 и u_2 (рис. 60). Так как нить CD не изменяет своей длины, то скорость

u_1 должна быть равна скорости точки D . Таким образом,

$$u_1 = v$$

и, так как $u_1 = u \cos \alpha$, то $u \cos \alpha = v$,

откуда

$$u = \frac{v}{\cos \alpha}.$$

8. Для этого ширина каждого катка должна во всех направлениях быть одинаковой. Но этим свойством обладают не только круглые катки. На рис. 61

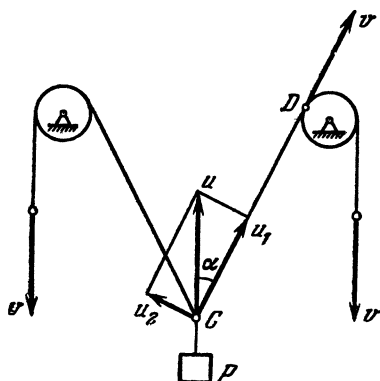


Рис. 60.

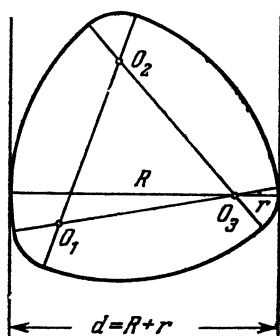


Рис. 61.

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, O_3 , служащих вершинами правильного треугольника. Ширина такой кривой, очевидно, одинакова во всех направлениях и равна $R + r$. Поэтому круглые катки можно заменить катками, профили которых очерчены по таким кривым. (Подробнее о кривых постоянной ширины см. С. Р а д е м а х е р и О. Т е п л и ц, «Числа и фигуры», Физматгиз, 1962.)

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 дроби, — через V' . Ясно, что если R задано, то V' пропорционально V . Следовательно, $\frac{V'}{V} = k$, 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 $\frac{V'}{V}$ 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 дроби, наполняющей ящик, то объем, занимаемый дробью, не изменится, и, следовательно, не изменится и 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 разным точкам деформируемого тела, не эквивалентна этим силам.

11. Равнодействующей сил F_1 , F_2 , 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. Они выглядят примерно так, как показано на рис. 62. Их равнодействующая направлена вертикально вверх, равна по величине P_{BC} и лежит на одной прямой с силой P_{BC} .

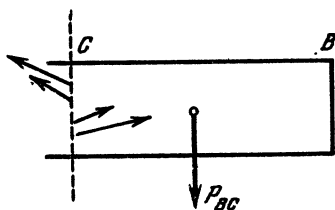


Рис. 62.

13. На рис. 63 изображена кинематическая схема обычных весов. Из нее видно, что чашки весов могут перемещаться *только вверх и вниз* (без наклона). Поэтому, если $OO_1 = OO_2$, то при любом положении гири P и взвешиваемого предмета Q выполняется равенство

$$h_P = h_Q,$$

где h_P и h_Q — вертикальные перемещения тел P и Q . Отсюда следует, что условие равновесия весов выражается равенством $P \approx Q$.

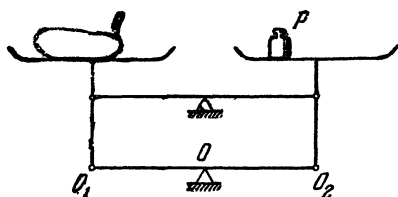


Рис. 63.

14. Пусть сила, с которой пар давит на поршень цилиндра, равна F (рис. 64). Тогда сила, с которой шатун DA действует на колесо, 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 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*.

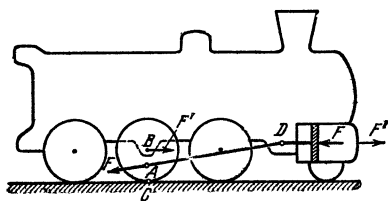


Рис. 64.

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 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.

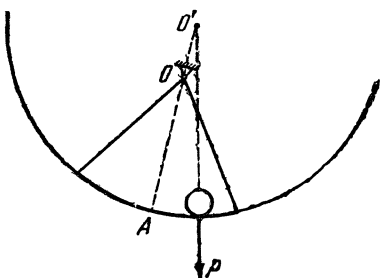


Рис. 65

16. Неправилен, так как, если тележка станет двигаться, то стержень будет давить на нее с силой меньшей, чем $\frac{P}{2}$. При движении тележки на стержень действуют сила P , реакция

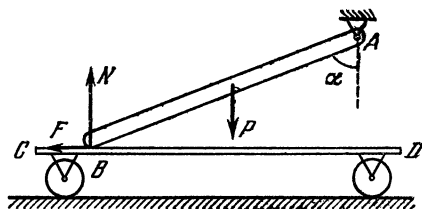


Рис. 66.

N и сила трения F (рис. 66). Стержень остается в покое, и поэтому сумма вращающих моментов этих сил равна нулю. Следовательно,

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

или, учитывая, что $F = kN$,

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

откуда

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

Отсюда видно, что $N < \frac{P}{2}$. Сила, необходимая чтобы сдвинуть тележку влево, равна

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

Она меньше, чем $kP/2$.

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

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

Подставив сюда $AE = 20$ см, $BC = 5$ см и $AB = 10$ см, получим

$$M_A = 20F - 5N + 10T.$$

Далее, если шкив вращается, то $\tilde{T} = kN = 0,6 N$ и поэтому

$$M_A = 20F - 5N + 10 \cdot 0,6N = 20F + N.$$

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 колесами 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, а F_2 — сила трения вагонных колес о рельсы.

Из написанных неравенств и из того факта, что $P_2 > P_1$, очевидно, нельзя сделать вывода, 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 было бы в случае трения скольжения. При качении диска он слегка вдавливается в плоскость, вследствие чего на него действует сила R , направленная примерно так, как показано на рис. 67. Поскольку горизонтальная 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 вращение диска.

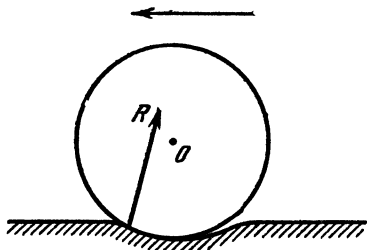


Рис. 67.

20. Как только монета получит указанную скорость, сила трения окажется направленной противоположно вектору 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 $F_1 = kv_1^2$ и $F_2 = kv_2^2$. 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, $v_1 = v \cos 60^\circ$ и, 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 приходим к выводу, что $F_2 \neq kv_2^2$.

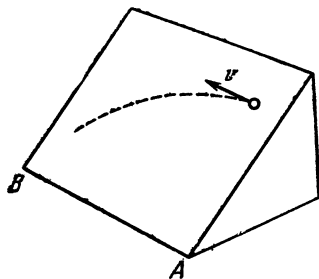


Рис. 68.

22. Уравнение

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

распадается на два: на уравнение

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

и уравнение

$$\sin \alpha = 0.$$

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 скорости ω , удовлетворяющей неравенству (3), т. е. при

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

Если же

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

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

$$100(x-10) = 100x - 1000,$$

а центростремительная сила равна

$$\frac{10\,000}{49}(5+x) = 1020 + 204x.$$

Но при любом положительном x справедливо неравенство

$$100x - 1000 < 1020 + 204x.$$

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. Рассмотрим работу этого аппарата, считая, что *платформа неподвижна*. Когда шар будет приближаться к крайнему правому положению, он начнет замедлять свое движение и поэтому будет действовать на стержень OA с силой F_1 , направленной так, как показано на рис. 69. Однако стержень связан с шарниром O и, следовательно, эта сила будет передаваться и на шарнир. Аналогичная картина будет и тогда, когда шар станет подходить к крайнему левому положению (а также, когда он будет выходить из крайнего правого или крайнего левого положения). Таким образом, на платформу будет действовать не только сила F , но и сила F_1 . Так как вертикальная составляющая силы F_1 направлена вниз, то она будет противодействовать силе F , стремящейся поднять платформу.

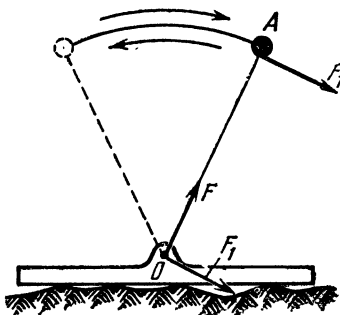


Рис. 69.

25. Силы F_1 , F_2 образуют пару, а пара сил сообщает телу вращение *вокруг его центра тяжести*; 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 классической механики* (принцип Галилея). Согласно этому принципу, в системе координат, движущейся прямолинейно и равномерно, все механические явления протекают так же, как в неподвижной системе. Поэтому на палубе корабля, движущегося прямолинейно и равномерно, велосипедист сможет также 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/сек. Пусть начальная скорость ракеты равна v_0 , а ее скорость в бесконечности равна v_{∞} . Тогда можно написать

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

где W_{∞} — потенциальная энергия ракеты в бесконечности. Последнюю легко найти следующим путем. Положим в равенстве (1) $v_0 = v_*$, где v_* — вторая космическая скорость. Так как в этом случае v_{∞} обращается в нуль, то получим

$$\frac{mv_*^2}{2} = W_{\infty}. \quad (2)$$

Таково значение энергии W_{∞} . 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_{∞} , если известно v_0 . Подставляя в нее $v_0 = 12,2$ км/сек, находим

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

31. Для этого самолет должен двигаться с ускорением, направленным вниз и равным g . Иначе говоря, он должен двигаться подобно телу, брошенному в пустоте (рис. 70).

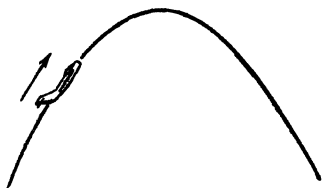


Рис. 70.



Рис. 71.

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 путем поворачивается вокруг своей оси падающая кошка.)

33. На увеличение скорости вращения космического корабля.

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, направленную перпендикулярно 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

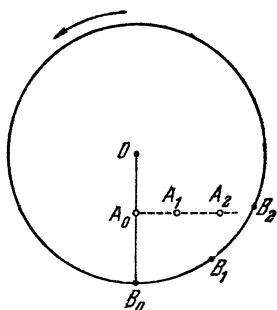


Рис. 72.

положения B_0, B_1, B_2, \dots . Поэтому наблюдателю, находящемуся в корабле, будет казаться, что шар приближается к этой точке, т. е. «падает».

35. В точке, отстоящей на 107 см 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 OA_0 , то в некоторый момент времени достигнет точки A . Точка же B_0 успеет к этому моменту переместиться в положение B . Вычислим расстояние AB .

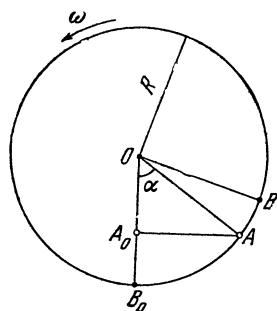


Рис. 73.

Дуга B_0B равна

$$\widetilde{B_0B} = \omega R t,$$

где ω — угловая скорость корабля, а t — время, за которое шар проходит путь A_0A . Так как оно равно

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

то

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

Далее, так как

$$\widetilde{B_0A} = R \alpha, \quad (2)$$

то, согласно (1) и (2),

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

где α определяется равенством

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

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

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

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

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

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

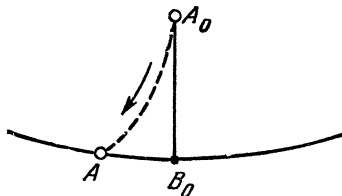


Рис. 74.

ГИДРОСТАТИКА

36. Вода оказывает на ртуть некоторое давление, и оно 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

$$p_{AF} = (h + BC) d_1 + AB \cdot d_2,$$

где h — толщина слоя воды над гранью CD , d_1 — удельный вес воды, и d_2 — удельный вес ртути. В то же время к грани CD приложено давление

$$p_{CD} = h d_1.$$

Следовательно, сила, выталкивающая брусок, равна

$$F = (p_{AF} - p_{CD})S = BC \cdot S d_1 + AB \cdot S d_2,$$

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 $(P_1/d_1)d_0$, где P_1 — вес алюминия, d_1 — его удельный вес и d_0 — удельный вес воды. Следовательно, алюминий будет давить на дно с силой

$$F_1 = P_1 - P_1 \cdot \frac{d_0}{d_1} = 500 - 500 \cdot \frac{1}{2,7} = 315 \text{ Г.}$$

Аналогично, найдем силу, с которой давит на дно свинец,

$$F_2 = P_2 - P_2 \frac{d_0}{d_2} = 400 - 400 \cdot \frac{1}{11,4} = 365 \text{ Г.}$$

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 его вес P , но и вес находящегося над ним столба жидкости. Поэтому он будет сжат силой, большей, чем P . Сказанное верно как для естественной 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, приложенные к поверхности капли. Из того факта, что эти силы уравновешивают друг друга, можно сделать лишь тот вывод, что капля будет находиться в равновесии, но нельзя сделать никакого заключения о ее форме. Говорить об уничтожении веса 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: вес и реакция. 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.

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

каном и водой, при этом не увеличивается.) Если же вода накрыта листом бумаги, то она может оставить стакан, лишь проходя через положения *I*, *II*, *III*, показанные на рис. 76. Но этому препятствует атмосферное давление.

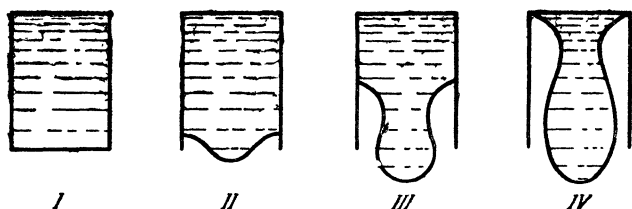


Рис. 75.

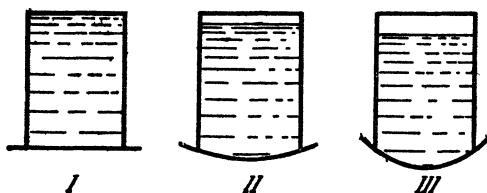


Рис. 76.

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

$$p_1 = p_0 - dh_1,$$

где p_1 — давление с левой стороны крана, p_0 — давление атмосферного воздуха, d — удельный вес воды, и h_1 — высота крана над уровнем *AA*. Аналогично,

$$p_2 = p_0 - dh_2,$$

где p_2 — давление с правой стороны крана, а 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. В теле человека непрерывно выделяется теплота, которая отдается окружающему воздуху. При температуре воздуха, близкой к 37°C , процесс теплопередачи замедляется, и в теле человека образуется избыточная теплота.

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 по конструкции термометра, например, термометр с зачерненным и термометр с блестящим резервуаром, будучи выставлены на солнце, будут показывать различную температуру, что невозможно с термометрами, установленными в тени.

44. Нет. Охлаждение идеального газа при расширении происходит тогда, *когда он совершает работу*. В данном же случае газ, в конечном счете, 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 кинетическая энергия его молекул. Если же он будет расширяться изотермически, то должен будет черпать теплоту извне (чтобы поддержать 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 $183,3^{\circ}\text{C}$. 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 ΔT — искомое повышение температуры. Отсюда находим

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

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

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

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

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

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

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

При решении этой задачи было использовано то обстоятельство, что гелий является одноатомным газом и поэтому его атомы можно считать материальными точками.

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

| A | B | C |
|------|------|-----|
| 100° | 100° | 0° |

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

| A | B | C |
|-----|------|-----|
| 50° | 100° | 50° |

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

| A | B | C |
|-----|-----|-----|
| 50° | 75° | 75° |

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. Количество молекул газа, заключенных в единице объема, зависит только от температуры газа и его давления и, следовательно, не зависит от рода газа. Поэтому в литре сырого воздуха содержится столько же молекул, сколько в литре сухого (при данной температуре и данном давлении). Другими словами, сырой воздух получается из сухого посредством замены некоторых молекул кислорода и азота молекулами воды. Но молекула воды легче молекулы кислорода или азота (молекулярный вес кислорода — 32, азота — 28, воды — 18). Следовательно, сырой 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 абсолютной температурой T_1 рабочее тело получает количество тепла 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 . В тепловом же насосе процесс происходит в обратном порядке (рис. 78). Здесь рабочее тело получает от резервуара II количество тепла Q_2 и вместе с

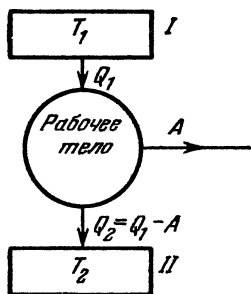


Рис. 77.

работой A , полученной от внешнего источника, передает резервуару I в виде тепла $Q_1 = Q_2 + A$. (Температура T_1 выше температуры T_2 .) Роль резервуара II в тепловом

насосе играет уличный воздух, а резервуара I —нагреваемое помещение.

Так как в идеальном тепловом двигателе имеет место соотношение

$$\frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1},$$

то оно справедливо и для идеального теплового насоса. Учитывая, что $Q_1 - Q_2 = A$, его можно записать в виде

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

Из этого равенства 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°C . Тогда

$$T_1 = 273 + 20 = 293^\circ \text{K},$$

$$T_2 = 273 - 20 = 253^\circ \text{K},$$

$$\frac{A}{Q_1} = \frac{40}{293} = 0,14,$$

т. е. лишь 14% сообщаемого помещению тепла придется черпать из работы, а остальные 86% можно получить от уличного воздуха.

(Практически отношение A/Q_1 несколько больше 0,14.)

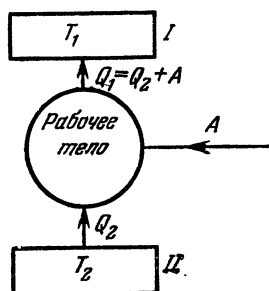


Рис. 78.

ЭЛЕКТРОСТАТИКА

55. В поле I незаряженный шар будет двигаться вправо, так как в этом направлении происходит увеличение напряженности поля (см. рис. 29). В поле II он будет двигаться влево и в поле III он 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 станет притягиваться к шару A , т. е. на него

будет действовать сила F , направленная влево. Сообщим теперь шару B положительный заряд *очень небольшой величины*. Тогда вектор F изменится очень мало и, следовательно, будет по-прежнему направлен 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 таков 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 проводнике, соединяющем шары, будут притягиваться к положительным зарядам шара A и сначала перейдут на его внутреннюю поверхность, а затем — на наружную. В результате шар B приобретет положительный заряд.

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 полый шар с отверстием, а второй — небольшой шарик, который вводят внутрь полого шара и касаются его внутренней поверхности. Тогда заряды будут переходить со второго проводника на первый.

60. Положительный. Действительно, можно представить себе, что опыт проводился в другом порядке: сначала незаряженный проводник BC соединили с незаряженным шаром D , а затем приблизили положительно заряженный шар A . Но в этом случае на шаре D индуцируется заряд положительного знака (так как шар D находится вдали), а на проводнике BC — отрицательного (так как проводник BC находится вблизи).

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.

62. Практически не изменится.

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

64. Не изменится. Вводя пластинку из диэлектрика, мы ослабляем поле в пространстве, занятом этим диэлектриком, но не изменяем поля 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 взаимно уничтожают друг друга. Тогда каждое из этих полей будет обладать некоторой положительной энергией, в то время как энергия поля E будет равна нулю.

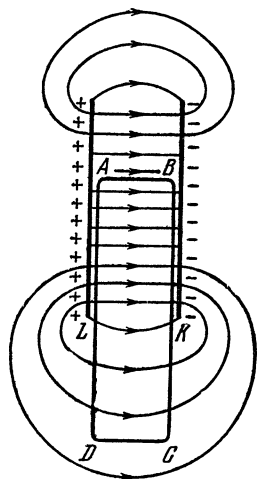


Рис. 79

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК

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

68. В одном уменьшится, а в другом может как уменьшиться, так и увеличиться. Например, если r_1 увеличить *значительно*, а r_2 — *незначительно*, то ток в проводнике 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 , и 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 электродвижущая сила мала.

71. Это будет при

$$E_2 = U_B - U_A,$$

где U_A и U_B — потенциалы точек A и B до присоединения элемента E_2 . В этом случае э. д. с. E_2 будет «уравновешивать» разность потенциалов $U_B - U_A$ и ток в цепи элемента E_2 будет отсутствовать. Ток I будет при этом равен

$$I = \frac{E_1}{r_1 + r},$$

где r_1 — внутреннее сопротивление элемента E_1 .

72. Первый источник 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 э. д. с., то

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

где U_B и U_D — потенциалы точек B и D . Далее, 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. E_1 направлена от B к A . Далее, из соотношений (1) и (3) видим, что

$$U_C > U_B.$$

Следовательно, э. д. с. 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 сила тока, протекающего через лампочки. А так как их сопротивление станет при этом большим, то увеличится и их мощность.

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

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

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

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

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

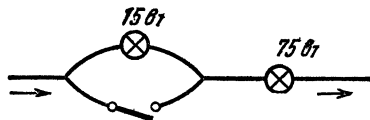


Рис. 80

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

МАГНЕТИЗМ И ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

78. Практически магнит M' будет притягивать предметы 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 на рис. 46 магниты намагничивают шарик сильнее, чем каждый из них в отдельности. В результате сила F будет больше геометрической суммы сил F_1 и F_2 .

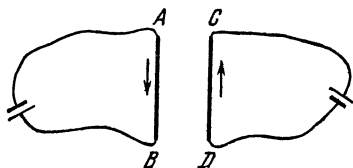


Рис. 81.

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 теплоту.

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 силовые линии, то на нем будет индуцироваться некоторая э. д. с. и, следовательно, по цепи $ABCD$ будет идти ток. Формальное противоречие

закону индукции возникает здесь потому, что радиус DA все время «заменяется новым».

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

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

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

где $R_{\text{акт}}$ — ее активное сопротивление, а $R_{\text{инд}}$ — 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 отражение 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

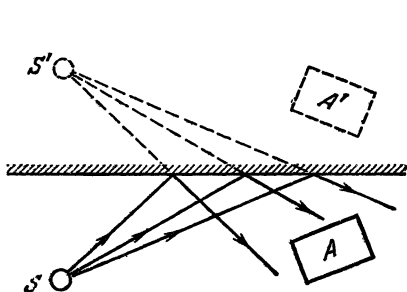


Рис. 82.

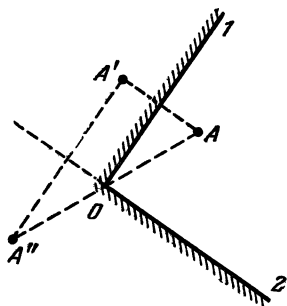


Рис. 83.

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.

89. Из рис. 83 видно, что при отражении точки A в плоскости 1 получается точка A' , а при отражении точки

A' в плоскости 2 получается точка A'' . Тот же результат получится, если сначала произвести отражение в плоскости 2, а затем — в плоскости 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 зеркале 1, 2.

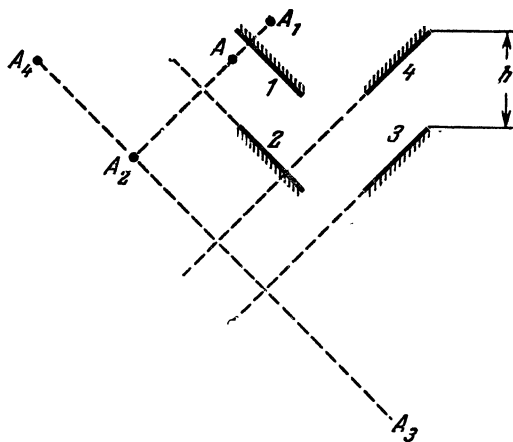


Рис. 84.

90. Нет. На рис. 84 показано, как происходит отражение в этих зеркалах. В результате отражения точки A в плоскости 1 получается точка A_1 . Затем, после отражения точки A_1 в плоскости 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, как видно из рисунка, смещена относительно точки A

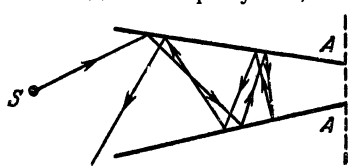


Рис. 85.

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

$$\sin \beta = \frac{\sin \alpha}{n},$$

и $\sin \gamma = \cos \beta$, то

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

где n — показатель преломления стекла. Но изображенный на рисунке луч сможет выйти через боковую грань призмы лишь при условии

$$\sin \gamma \leq \frac{1}{n}$$

(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 α , чтобы изображенный луч вышел через боковую грань призмы. Но этому требованию можно удовлетворить лишь в случае, если

$$n^2 \leq 2,$$

т. е. если

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

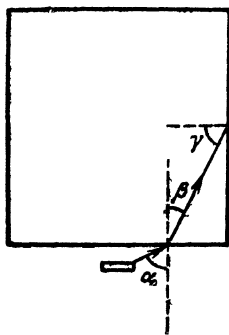


Рис. 86.

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

93. 0,1 сек. 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 ($10^2/5^2 = 4$).

Поэтому освещенность пленки, а, следовательно, и необходимая экспозиция в обоих случаях практически одинаковы.

94. В четыре раза. Освещенность изображения пропорциональна отношению Φ/S , где Φ — проходящий через

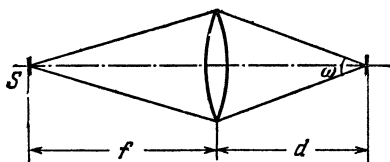


Рис. 87.

линзу световой поток, а S — площадь изображения (рис 87). Поэтому

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

(индекс 1 относится к первому изображению, а индекс 2 — ко второму). Но так как

$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{1}{9},$$

то

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

Вычислим отношение Φ_2/Φ_1 .

Поток Φ пропорционален телесному углу ω , а последний обратно пропорционален d^2 . Следовательно,

$$\frac{\Phi_2}{\Phi_1} = \frac{d_1^2}{d_2^2}. \quad (2)$$

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 оригинала (так как площадь изображения в девять раз

больше). Следовательно, $f_2 = 3d_2$, и 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

$$d_2 = \frac{4}{3}F. \quad (4)$$

Из (3) и (4) получаем

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{3}{2},$$

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 величина попадающего в глаз светового потока. Однако при этом во столько же раз уменьшается площадь изображения на сетчатке (см. решение задачи 93). Поэтому освещенность сетчатки не уменьшается.

96. В 4 раза. На рис. 88 сплошными линиями показана монета, а пунктирными — ее мнимое изображение. На

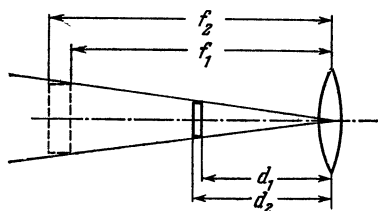


Рис. 88.

основании формулы линзы будем иметь

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

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

Но так как толщина монеты мала, то

$$d_1 \approx d_2$$

и

$$f_1 \approx f_2.$$

Поэтому последнее равенство можно записать в виде

$$\frac{d_2 - d_1}{d^2} = \frac{f_2 - f_1}{f^2},$$

или

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

где d — среднее расстояние от линзы до монеты, а f — до ее изображения. Но отношение $\frac{f}{d}$ 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.

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

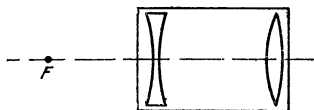


Рис. 89.

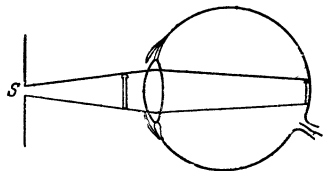


Рис. 90.

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

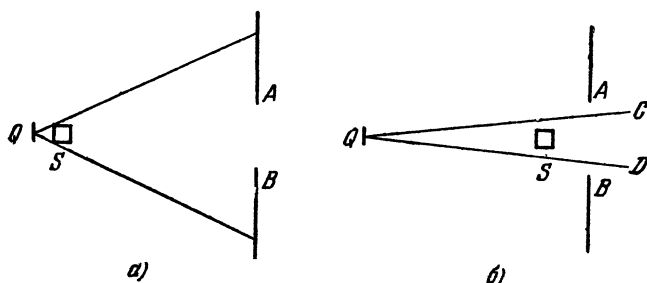


Рис. 91.

попадает в зрачок *AB* (рисунок изображает вид сбоку). 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.

СОДЕРЖАНИЕ

ЗАДАЧИ И ВОПРОСЫ

| | |
|---|----|
| Кинематика | 3 |
| Статика | 5 |
| Динамика | 8 |
| Гидростатика | 14 |
| Молекулярная физика и теплота | 15 |
| Электростатика | 18 |
| Электрический ток | 20 |
| Магнетизм и электромагнетизм | 23 |
| Оптика | 25 |

ОТВЕТЫ И РЕШЕНИЯ

| | |
|---|----|
| Кинематика | 29 |
| Статика | 32 |
| Динамика | 36 |
| Гидростатика | 43 |
| Молекулярная физика и теплота | 46 |
| Электростатика | 49 |
| Электрический ток | 51 |
| Магнетизм и электромагнетизм | 54 |
| Оптика | 55 |

Борис Юрьевич Коган
СТО ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ
М., 1965 г., 64 стр. с илл.

Редактор *Н. А. Райская.*
Техн. редактор *С. Я. Шкляр.*
Корректор *Г. В. Петрова.*

Сдано в набор 3/II 1965 г. Подписано к печати
12/IV 1965 г. Бумага 84×108/32. Физ. печ. л. 2.
Условн. печ. л. 3,28. Уч.-изд. л. 2,83. Тираж
150 000 экз. Т-01677. Цена книги 9 коп,
Заказ № 2280.

Издательство «Наука».
Главная редакция
физико-математической литературы,
Москва, В-71, Ленинский проспект, 15.

Первая Образцовая типография
имени А. А. Жданова Главполиграфпрома
Государственного комитета
Совета Министров СССР по печати,
Москва, Ж-54, Валовая, 28.
Отпечатано с готовых матриц
в 1-й тип. Профиздата. Зак. 386.

ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
ИЗДАТЕЛЬСТВА «НАУКА»

Москва, В-71, Ленинский проспект, 15.

ИМЕЮТСЯ В ПРОДАЖЕ

ПОСОБИЯ ДЛЯ ТЕХНИКУМОВ
И ДЛЯ САМООБРАЗОВАНИЯ:

Болотовский Б. М., Свечение Вавилова-Черенкова, 1964, 96 стр., 16 коп.

Болтянский В. Г., Огибающая, 1961, 76 стр., 11 коп. (Серия «Популярные лекции по математике»).

Воробьев Н. Н., Числа Фибоначчи, изд. 2-е, дополн., 1964, 72 стр., 10 коп. (Серия «Популярные лекции по математике»).

Гильзин К. А., Электрические межпланетные корабли, 1964, 320 стр., 58 коп.

Гриффин Д., Эхо в жизни людей и животных. Перевод с английского, 1961, 108 стр., 18 коп.

Зигель Ф. Б., Сокровища звездного неба. Путеводитель по созвездиям, 1964, 224 стр., 48 коп.

Кирпичев В. Л., Беседы о механике, изд. 5-е, 1951, 360 стр., 87 коп.

Литцман В., Старое и новое о круге. Перевод с немецкого, 1960, 60 стр., 09 коп.

Книги продаются в книжных магазинах, а также высылаются почтой наложенным платежом без задатка всеми республиканскими, краевыми и областными отделениями «Книга—почтой».

В случае отсутствия книги в местных магазинах заказы следует направлять по адресу: Москва, В-71, Ленинский проспект, 15, В/О «Союзкнига», отдел технической литературы.

