

В. И. Лукашик

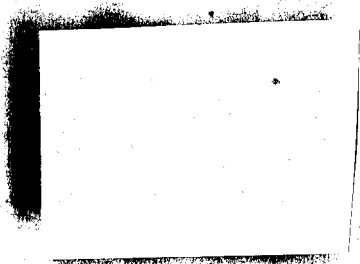
ФИЗИЧЕСКАЯ
ОЛИМПИАДА



В. И. ЛУКАШИК

ФИЗИЧЕСКАЯ
ОЛИМПИАДА
в 6—7 классах

Пособие для учащихся



МОСКВА «ПРОСВЕЩЕНИЕ» 1976

Л84 **Лукашик В. И.**
Физическая олимпиада в 6—7 классах. Пособие
для учащихся. М., «Просвещение», 1976.
144 с. с ил.

Пособие предназначено для учащихся 6—7 классов, интересующихся физикой и желающих участвовать в физической олимпиаде. Содержащийся в книге материал поможет им расширить знания по физике и проверить их на решении задач, требующих сообразительности и большого внимания. К задачам даны ответы и решения или краткие указания.

Л $\frac{60601-573}{103(03)-76}$ 233—76

53

© Издательство «Просвещение», 1976 г.

ЮНОМУ ФИЗИКУ

Прежде чем приступить к решению задач, рекомендованных в нашей книге, попробуйте свои силы в решении задач, содержащихся в ваших учебниках по физике и математике. Если вы почувствуете, что, решая эти задачи, вы делаете хотя и небольшие, но интересные открытия, доставляющие творческое удовлетворение и радость, считайте, что вам по плечу задача, которую вы поставили перед собой, — расширить и углубить свои знания. Тогда смелее беритесь за дело, и вам будет сопутствовать удача.

Если какая-либо задача покажется вам трудной, не спешите обращаться к ответу. Попробуйте решить ее еще раз. Только в том случае, когда после неоднократных попыток решить задачу, вам так и не удалось найти подход к ее решению, обратитесь к разъяснениям и указаниям к задаче и внимательно изучите ответ.

Такой подход к делу позволит вам выработать в себе одно из существенных качеств характера, необходимых при овладении знаниями, — целеустремленность мысли.

Неоднократно возвращаясь к решению вызвавшей интерес задачи, вы будете вспоминать различные известные вам способы решения задач, правила и законы. Все это будет способствовать прочному усвоению знаний.

Осмысливая проделанную вами работу над решением той или иной задачи, сопоставляя тот или иной прием, подход или способ решения, вы научитесь размышлять над тем, как можно упростить решение или рационализировать его.

Если при первом чтении какая-нибудь задача из этой книги покажется вам очень простой, не доверяйтесь этому чувству и отнеситесь к ее решению со всей серьезностью.

Автор выражает надежду, что, поработав над этой книгой с бумагой и карандашом в руках, юный физик приобретет полезные навыки в решении задач и в дальнейшем активно приобщится к решению более сложных проблем.

1. ИЗМЕРЕНИЯ

1.1*. У вас есть моток тонкой проволоки, карандаш и тетрадь в клетку. Как можно определить примерную площадь поперечного сечения проволоки?

1.2. За сутки бамбук вырастает на 86,4 см. На сколько он вырос за секунду?

1.3. Когда металлический шар, площадь поверхности которого $S=100 \text{ см}^2$, покрыли тонким слоем хрома, масса шара увеличилась на 36 мг. Какой толщины слой хрома нанесен на шар, если известно, что масса 1 см^3 хрома равна 7,2 г?

1.4. Какую площадь поверхности воды займет, разлившись по ней, нефть объемом 1 м^3 при толщине слоя в $\frac{1}{40000} \text{ мм}$?

1.5. В течение 6 суток толщина льда в пруду увеличивалась равномерно на 5 мм в сутки. Постройте график, выражающий зависимость между увеличением толщины льда и временем. При построении графика начальную толщину льда примите равной 1 см.

1.6. Какой длины получился бы ряд из плотно уложенных друг к другу своими гранями кубиков объемом 1 мм^3 каждый, взятых в таком количестве, сколько содержится их в 1 м^3 ?

1.7. Сколько потребовалось бы времени для того, чтобы уложить в ряд кубики объемом 1 мм^3 каждый, взятых в таком количестве, сколько содержится их в 1 м^3 , если на укладку одного кубика затрачивается время, равное 1 сек?

1.8°. Как определить площадь фигуры, вырезанной из картона, если у вас имеются весы с разновесом, ножницы и полоска бумаги шириной 1 см?

* Кржочком отмечены задачи, предложенные в виде экспериментального задания.

1.9°. У вас имеются линейка с ценой деления 1 мм, цилиндрические стеклянные сосуды, один из которых заполнен водой, карандаш, лист бумаги и тело неправильной геометрической формы. Как при помощи этих предметов определить примерный объем данного тела? (Размеры тела таковы, что оно помещается в любом из сосудов.)



Рис. 1.1

1.10°. Как определить внутреннюю площадь дна металлического толстостенного сосуда с небольшим отверстием вверху (рис. 1.1), если у вас имеются мензурка с водой, линейка и тонкий стальной стержень?

1.11°. У вас есть кастрюля емкостью 2 л, ведро с водой и чайник, в который необходимо как можно точнее отлить из ведра 1 л воды. Как это можно сделать?

1.12. Брусok квадратного сечения со стороной квадрата a имеет массу $m=40 \text{ кг}$. Какой станет масса бруска, если длину его увеличить в два раза, а каждую сторону квадрата в два раза уменьшить?

1.13°. Имеется 8 совершенно одинаковых по размеру и виду шаров. Однако в одном из них сделана небольшая полость. Пользуясь только весами, определите, какой шар с полостью. Весы можно использовать не более двух раз.

1.14°. Имеется 9 совершенно одинаковых по размеру и виду шаров. Однако в одном из них сделана небольшая полость. Пользуясь только весами, определите, какой шар с полостью. Весы можно использовать не более двух раз.

1.15. На какой угол поворачивается Земля вокруг своей оси за 1 мин?

1.16°. Как определить вес груза на неравноплечих весах?

1.17°. Предложите проект установки, с помощью которой по заданной программе будут поливаться цветы в комнате во время вашего отсутствия в период летних каникул.

1.18. Останкинская телебашня в Москве высотой 536,3 м имеет массу 30 000 т. Какую массу имела бы точная модель этой башни высотой 53,63 см?

2. ТЕПЛОВОЕ РАСШИРЕНИЕ ТЕЛ

2.1. В центре медного диска сделано маленькое отверстие. Изменится ли диаметр этого отверстия, если диск перенести из холодного помещения в теплое?

2.2. В центре дна кастрюли имеется маленькое отверстие, через которое вода просачивается и вытекает из кастрюли в течение трех суток в теплой комнате. Как изменится время вытекания воды, если эту кастрюлю с водой перенести в холодное помещение? (Изменением вязкости и объема воды при ее охлаждении пренебречь.)

2.3. Если стальной шарик, проходящий сквозь стальное кольцо, нагреть, то он застрянет в кольце (рис. 2.1). Что произойдет, если нагреть не шарик, а кольцо?

2.4. Что произойдет, если нагреть до одинаковой температуры шарик и кольцо? (См. задачу 2.3.)

2.5. Из медного листа вырезали пластинку (рис. 2.2). Изменится ли угол α , если пластинку охладить?

2.6. Изогнутый кусок проволоки длиной $4l$ укреплен на подставке (рис. 2.3). Выясните, куда примерно переместится конец проволоки A , если ее перенести из холодного помещения в теплое? Считать, что подставка энергии не поглощает.

2.7. На диске, вырезанном из медной пластинки, начертили отрезок прямой (рис. 2.4.). Останется ли он прямым, если диск нагреть?

2.8. На диске, вырезанном из медной пластинки, начертили окружность (рис. 2.5). Останется ли она правильной окружностью, если круг нагреть?

2.9. В плотно закрытой бутылке, заполненной водой, имеется пузырек воздуха. Когда этот пузырек больше: в теплую или прохладную погоду?

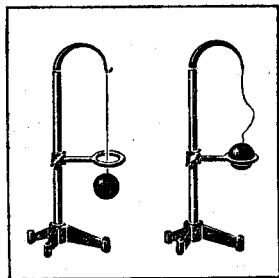


Рис. 2.1

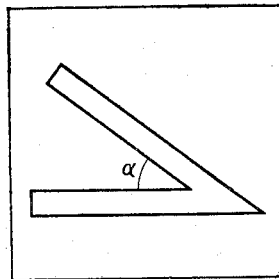


Рис. 2.2

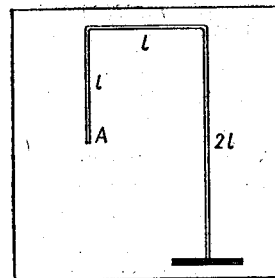


Рис. 2.3

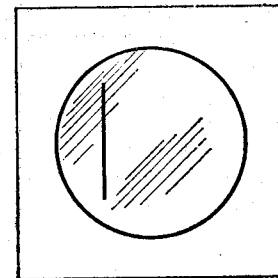


Рис. 2.4

2.10. Стальную полосу согнули так, как показано на рисунке 2.6. Изменится ли расстояние AB между концами полосы, если перенести ее из холодного помещения в теплое?

2.11. Толстую проволоку согнули так, как показано на рисунке 2.7. Изменится ли расстояние AB между концами проволоки, если ее перенести из холодного помещения в теплое?

2.12. Толстую проволоку согнули так, как показано на рисунке 2.8. Изменится ли расстояние AB между концами проволоки, если ее перенести из холодного помещения в теплое?

2.13. В диске из медной пластинки сделали вырез в виде сектора (рис. 2.9.). Изменится ли угол α , характеризующий этот вырез, если диск перенести из холодного помещения в теплое?

2.14. Тонкая пластинка слюды лежит на медной пластинке, расположенной горизонтально. Если поместить на слюду стальной шарик, предварительно нагрет его в

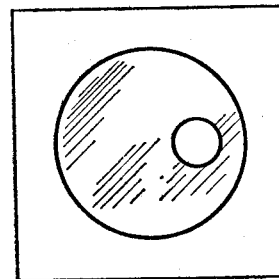


Рис. 2.5

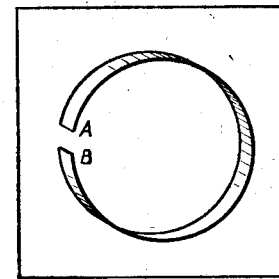


Рис. 2.6

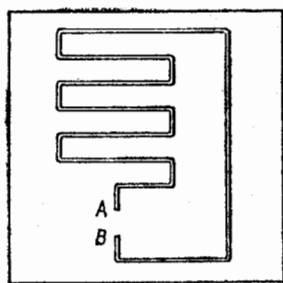


Рис. 2.7

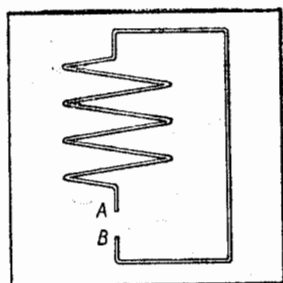


Рис. 2.8

пламени спиртовки, шарик не останется на одном месте, а будет перекатываться в том или ином направлении. Почему это происходит?

2.15. Над сосудом укреплен колба горлышком вниз. Сосуд и колба частично заполнены водой (рис. 2.10). Как будет изменяться уровень воды в колбе при одновременном изменении температуры воды и воздуха в ней?

2.16. Боковая поверхность куба, сделанного из некоторого сплава металлов, равна 150 см^2 . После нагревания куба каждое его ребро стало длиннее на 1 мм . На сколько изменился объем куба?

2.17. Чтобы разорвать кусок проволоки, требуются значительные усилия. Однако если раскалить проволоку в пламени горелки, то разорвать ее намного легче. Почему?

2.18. Почему при сушке дров на солнце на концах поленьев, находящихся в тени, выступают капельки воды?

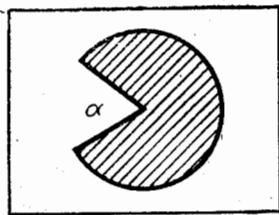


Рис. 2.9

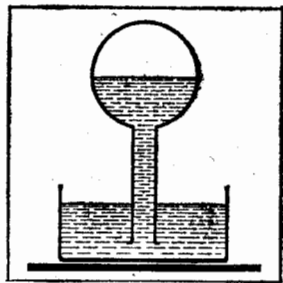


Рис. 2.10

3. ПЛОТНОСТЬ

3.1. Имеются три бруска льда одинаковой массы, взятые при разных температурах, равных соответственно 0 , -4 и -25°C . У какого бруска самый большой объем?

3.2. Что тяжелее: 1 л дистиллированной воды при 20°C или 1 л питьевой воды при той же температуре?

3.3. Начертите график, отображающий зависимость плотности воды от температуры. (Температура воды изменяется от 0 до 8°C .)

3.4. Начертите график, отображающий зависимость объема воды от температуры. (Температура воды изменяется от 0 до 8°C .)

3.5. На одной координатной сетке начертите графики, отображающие зависимости: а) плотности молока от массы добавляемой в него воды и б) плотности воды от массы добавляемого в нее молока ($\rho_{\text{в}} < \rho_{\text{м}}$).

3.6. В одном сосуде находится 1 кг глицерина, и в него постепенно доливают 1 кг спирта. В другом — 1 л глицерина, и в него добавляют 1 л спирта. При постепенном добавлении спирта и смешивании жидкостей плотность раствора изменяется. На одной координатной сетке изобразите примерный ход графиков, отображающих зависимости: 1) плотности первого раствора от его массы и 2) плотности второго раствора от его объема. Плотность раствора ρ , плотность глицерина $\rho_{\text{г}}$, плотность спирта $\rho_{\text{с}}$. Принять, что объем раствора равен сумме объемов его составных частей и $\rho_{\text{г}} > \rho_{\text{с}}$.

3.7. В одном сосуде находится 1 кг глицерина, и в него постепенно наливают 1 кг спирта. В другом — 1 л спирта, и в него добавляют 1 л глицерина. При постепенном добавлении жидкостей и смешивании их плотности раствора изменяются. На одной координатной сетке изобразите примерный ход графиков, отображающих зависимости: 1) плотности первого раствора от его массы и 2) плотности второго раствора от его объема. Плотность раствора ρ , плотность глицерина $\rho_{\text{г}}$, плотность спирта $\rho_{\text{с}}$. Принять, что объем раствора равен сумме объемов его составных частей и $\rho_{\text{г}} > \rho_{\text{с}}$.

3.8°. Как определить толщину тонкой стеклянной пластинки прямоугольной формы, имея весы с разновесом и масштабную линейку? При этом учтите, что непосредственно измерять толщину пластинки масштабной линей-

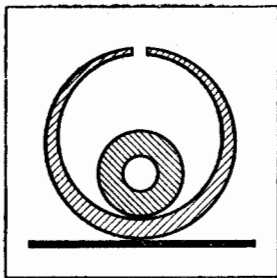


Рис. 3.1

кой нецелесообразно, так как это даст недостаточно точный результат.

3.9°. В стеклянной пробке от графина имеется полость. Как, не разбивая пробку, определить объем этой полости? Какое вам понадобится для этой цели оборудование?

3.10°. Стекланный флакон от духов заполнен ртутью и плотно закрыт притертой стеклянной пробкой. Как следует поступить,

чтобы, не вынимая пробки, определить количество находящейся во флаконе ртути? Какие физические приборы вам для этого понадобятся?

3.11. При изготовлении полого медного шара с небольшим отверстием в него поместили другой полой медный шар (рис. 3.1). Как определить объем внутренней полости малого шара?

3.12. Определите плотность стекла, из которого сделан куб массой 857, 5 г, если площадь всей поверхности куба равна 294 см².

3.13. Масса сплошного куба, сделанного из некоторого вещества, равна 2,5 кг. Какую массу будет иметь этот куб, если длину ребра его уменьшить в 2 раза?

3.14. Какую массу имеет куб с площадью поверхности 150 см², если плотность вещества, из которого он изготовлен, равна 2,7 г/см³?

3.15°. Как опытным путем определить массу медного купороса, содержащегося в водном растворе? (Плотность купороса известна.) Считать, что объем раствора равен сумме объемов его составных частей.

3.16. Пробирка заполнена водой. Масса пробирки с водой составляет 50 г. Масса этой же пробирки, заполненной водой, но с куском металла в ней массой 12 г, составляет 60,5 г. Определите плотность металла, помещенного в пробирку.

3.17. Масса стакана, заполненного водой, равна 260 г. Когда в этот стакан с водой поместили камушек массой 28,8 г и часть воды вылилась, то масса стакана, воды и камушка стала равной 276, 8 г. Определите плотность вещества камня.

3.18°. Как определить плотность неизвестной жидкости, используя только стакан, воду и весы с разновесом?

3.19°. Как определить плотность неизвестной жидкости, используя стакан и весы с разновесом из латуни?

3.20°. Имеются стакан с неизвестной жидкостью и весы с разновесом из чугуна. Как определить емкость стакана, не применяя никаких других дополнительных приборов и материалов?

3.21. Для накачивания керосина в бак используется насос производительностью 20 кг в минуту. Определите время, необходимое для наполнения бака, если размеры его: длина — 2 м, ширина — 150 см и высота — 1800 мм.

3.22. Определите массу полого куба, изготовленного из латуни. Полная площадь наружной боковой поверхности куба 216 см², толщина стенок 2 мм.

3.23. Кусок сплава из свинца и олова массой 664 г имеет плотность 8,3 г/см³. Определите массу свинца в сплаве. Принять объем сплава равным сумме объемов его составных частей.

3.24. В куске кварца содержится небольшой самородок золота. Масса куска 100 г, а его плотность 8 г/см³. Определите массу золота, содержащегося в кварце. Принять, что плотности кварца и золота соответственно равны 2,65 и 19,36 г/см³.

3.25. Сплав золота и серебра массой 400 г имеет плотность 14·10³ кг/м³. Полагая объем сплава равным сумме объемов его составных частей, определите массу золота и процентное содержание его в сплаве.

3.26. В чистой воде растворено некоторое количество кислоты. Масса раствора 240 г, а его плотность 1,2 г/см³. Определите массу кислоты, содержащейся в растворе, если плотность кислоты 1,8 г/см³. Принять объем раствора равным сумме объемов его составных частей.

3.27. Стальная Эйфелева башня в Париже высотой 300 м имеет массу 7200 т. Какую массу будет иметь модель этой башни высотой 30 см, сделанная из вещества, плотность которого в 3 раза меньше плотности стали?

4. МЕХАНИЧЕСКОЕ ДВИЖЕНИЕ

4.1. Тело за первую секунду переместилось на 1 мм, за вторую — на 1 мм, за третью — на 1 мм, за четвертую — тоже на 1 мм и т. д. Можно ли такое движение тела считать равномерным?

4.2. Поезд движется со скоростью 60 км/ч. Чему равна

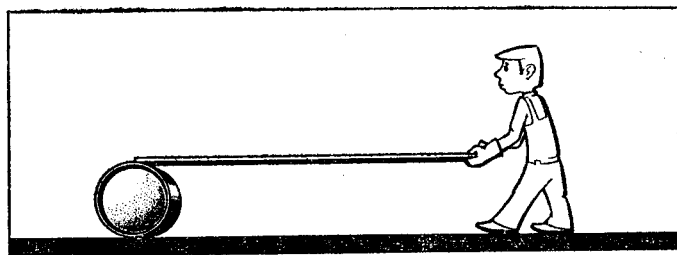


Рис. 4.1

скорость (относительно земли) точки колеса вагона в месте соприкосновения его с рельсом? Чему равна в этот момент скорость (относительно земли) точки обода колеса, диаметрально противоположной нижней точке? Чему равна скорость движения оси вращения колеса (относительно земли)? Чему равна скорость движения оси вращения колеса относительно вагона? (Колеса вагонов катятся без скольжения.)

4.3. Мальчик держит один конец доски, а другой ее конец лежит на цилиндре (рис. 4.1). Доска при этом горизонтальна. Затем мальчик двигает доску вперед, вследствие чего цилиндр катится без скольжения по горизонтальной плоскости; отсутствует также скольжение доски по цилиндру. Какой путь должен пройти мальчик, чтобы достичь цилиндра, если длина доски l ?

4.4. Колесо велосипеда катится (без скольжения) равномерно и прямолинейно с некоторой скоростью v . Взяв (как начальную) точку O на ободу колеса, соприкасающуюся с землей, начертите примерную траекторию ее движения относительно поверхности земли. Покажите, как будет выглядеть траектория, если колесо будет катиться со скоростью $2v$?

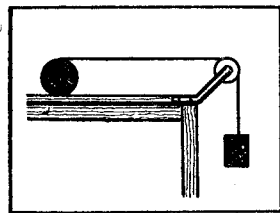


Рис. 4.2.

4.5. Тонкая нерастяжимая нить намотана на цилиндр. Нить переброшена через блок, и к концу ее привязан груз (рис. 4.2). Под действием груза цилиндр катится по горизонтальной поверхности без скольжения. Какой путь H пройдет груз, когда цилиндр сделает один полный оборот, если длина окружности цилиндра l ?

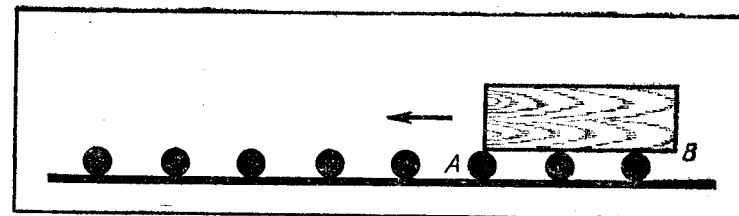


Рис. 4.3

4.6. Тяжелый ящик, установленный на одинаковых катках, двигают влево (рис. 4.3). При этом движении цилиндры под ящиком катятся без скольжения по горизонтальной плоскости; отсутствует также скольжение ящика по цилиндрам. Какой путь пройдет правый конец ящика (B), когда он достигнет верхней точки цилиндра (A), если длина ящика l ?

4.7. Автомобиль A движется, находясь на верхнем участке прямой наклонной дороги. Пассажир, находящийся в нем, впереди себя видит удаляющиеся от него автомобили B , C и D . Приняв, что это удаление происходит со скоростями, пропорциональными расстоянию автомобилей до пассажира, опишите, какую картину удаления автомобилей A , B и D видит пассажир, находящийся в автомобиле C .

4.8. Тонкостенный цилиндр равномерно вращается вокруг продольной оси. Под незначительным углом к горизонту в центр цилиндра произведен выстрел, и пуля прошла цилиндр на вылет. При каких условиях в цилиндре могло оказаться только одно отверстие?

4.9. Большой круг установлен в центре прямоугольного зала на уровне пола и равномерно вращается. Мальчик, часто подпрыгивая на одной ноге, пересекает круг в направлении диагонали зала. При этом на круге остается след ступни мальчика. Сплошной линией покажите, как примерно будет выглядеть след, оставленный мальчиком, если перемещается он (относительно земли) с такой скоростью, что за то время, пока круг делает половину оборота, мальчик преодолевает путь, равный длине диаметра круга.

4.10. Определите скорость течения воды в Волге на участке, где скорость грузового теплохода по течению равна 600 км/сут , а против течения — 336 км/сут .

4.11. Из одного пункта в другой мотоциклист двигался со скоростью 60 км/ч , обратный путь им был проделан со скоростью 10 м/сек . Определите среднюю скорость мотоциклиста за все время движения. Временем остановки во втором пункте можно пренебречь.

4.12. Пешеход часть пути прошел со скоростью 3 км/ч , затратив на это две трети времени своего движения. За оставшуюся треть времени он прошел остальной путь со скоростью 6 км/ч . Определите среднюю скорость движения пешехода.

4.13. Велосипедист проехал первую половину пути со скоростью $v_1 = 12 \text{ км/ч}$, а вторую половину пути с какой-то другой скоростью v_2 . Как велика эта скорость, если известно, что средняя скорость его движения на всем пути равна 8 км/ч ?

4.14. Катер, идущий против течения реки, встретил сплаваемые по реке плоты. Через 35 мин после встречи с плотами катер причалил к пристани, стоянка на которой продолжалась 25 мин . После этого катер поплыл в обратном направлении (по течению реки) и через 1 ч достиг те же плоты на расстоянии 5 км от места их первой встречи. Определите скорость течения реки, считая эту скорость и скорость движения катера относительно берега постоянными.

4.15. Сколько времени потребуется, чтобы на катере пройти расстояние $1,5 \text{ км}$ туда и обратно по реке, скорость течения которой $v_1 = 2 \text{ км/ч}$, и по озеру (в стоячей воде), если скорость катера относительно воды в обоих случаях $v_2 = 8 \text{ км/ч}$?

4.16. Когда мимо пристани проходил плот, в деревню, находящуюся на расстоянии 15 км от пристани, вниз по реке отправилась моторная лодка. Она дошла до деревни за $\frac{3}{4} \text{ ч}$ и, повернув обратно, встретила плот на расстоянии 9 км от деревни. Какова скорость течения реки и скорость лодки относительно воды?

4.17. Из Ленинграда в сторону Москвы с интервалом в 10 мин вышли два электропоезда со скоростью 30 км/ч . Какую скорость имел встречный поезд, если он повстречал эти поезда через 4 мин один после другого?

4.18. По дороге, расположенной параллельно железнодорожному пути, движется велосипедист со скоростью 8 км/ч . В некоторый момент его догоняет поезд длиной 120 м и обгоняет его за 6 сек . Какую скорость имел поезд?

4.19. Сколько времени мимо мотоциклиста, едущего со скоростью 63 км/ч , будет проезжать встречная колонна автомобилей длиной 300 м , имеющая скорость 45 км/ч ?

4.20. Автоколонна длиной 200 м и встречный автомобиль имеют равные скорости. С какой скоростью движется автомобиль, если пассажир в нем отметил, что мимо колонны автомобиль двигался 10 сек ?

4.21. Два мальчика перекидываются мячом, двигаясь одновременно навстречу друг другу. Определите путь, который пролетел мяч за время, в течение которого расстояние между мальчиками сократилось от l_1 до l_2 . Скорость первого мальчика v_1 , скорость второго — v_2 , скорость мяча — v_3 . Временем пребывания мяча в руках можно пренебречь. Считать полет мяча горизонтальным.

4.22. Вагон поезда, движущегося со скоростью 36 км/ч , был пробит пулей, летевшей перпендикулярно к движению вагона. Одно отверстие в стенках вагона смещено относительно другого на 3 см . Ширина вагона — $2,7 \text{ м}$. Какова скорость движения пули?

4.23. Группа туристов, двигаясь цепочкой по обочине дороги со скоростью $3,6 \text{ км/ч}$, растянулась на 200 м . Замыкающий посылает велосипедиста к вожатому, который находится впереди группы. Велосипедист едет со скоростью 7 м/сек ; выполнив поручение, он тут же возвращается к замыкающему группы с той же скоростью. Через сколько времени после получения поручения велосипедист вернулся обратно?

4.24. Эскалатор одной из станций ленинградского метрополитена поднимает стоящего на нем пассажира в течение 2 мин . По неподвижному эскалатору пассажир поднимается 6 мин . Сколько времени будет подниматься пассажир по движущемуся эскалатору?

4.25. Бронетранспортер движется параллельно линии железнодорожной колеи со скоростью 36 км/ч и обстреливает из пулемета железнодорожный состав, идущий встречным курсом с такой же скоростью. На каком расстоянии расположатся пулевые отверстия в вагонах поезда, если пулемет делает 900 выстрелов в минуту, направленных перпендикулярно к линии перемещения поезда?

5. ДАВЛЕНИЕ ГАЗОВ

5.1. Мяч медленно катится к краю стола и падает с него. Когда мяч падает с небольшой высоты, можно считать, что воздух в нем находится в состоянии невесомости.

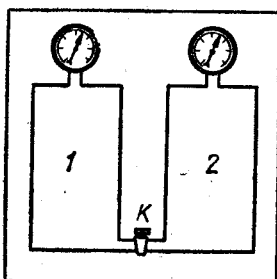


Рис. 5.1

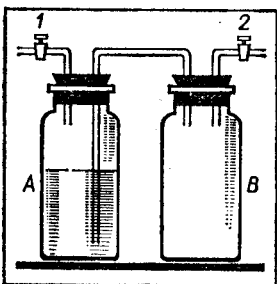


Рис. 5.2

Одинаковым ли было давление воздуха в мяче, когда он находился на столе, и когда падал? Считать, что температура воздуха в мяче не изменяется, а мяч сохраняет сферическую форму.

5.2. В сосуде 1 находится водород H_2 , в сосуде 2 — углекислый газ CO_2 . Манометры показывают одинаковое давление p (рис. 5.1). В каком направлении потечет газ, если открыть кран K ?

5.3. Мальчик решил, что из сосуда A в сосуд B (рис. 5.2) часть воды можно перелить двумя способами: 1) при закрытом кране 2 увеличить давление воздуха в сосуде A ; 2) при закрытом кране 1 уменьшить давление воздуха в сосуде B . Одинаковое ли количество воды перетечет из одного сосуда в другой, если воздуха накачивается в сосуд A в первом случае столько же, сколько его было откачено из сосуда B во втором случае?

5.4. Два одинаковых по объему закрытых сосуда заполнены углекислым газом. Высота одного сосуда в два раза меньше высоты другого сосуда. Манометры, установленные над сосудами, показывают, что давление газа в сосудах одинаково и равно p . Что будут показывать манометры, если сосуды перевернуть?

5.5. На весах уравновешен закрытый сосуд, на дне которого находится кусочек твердой углекислоты. Нарушится ли равновесие весов после того, как углекислота в сосуде превратится в газ?

5.6. Предложите схему устройства газового термометра и объясните принцип его действия.

5.7. Зачем электрические лампочки накаливания заполняются газом под давлением, несколько меньшим давления окружающего воздуха?

5.8. Стеклообразная трубка, запаянная с обоих концов, заполнена воздухом и расположена горизонтально. Воздух

в трубке разделен на две части A и B каплейкой ртути так, как показано на рисунке 5.3. Будет ли перемещаться каплейка ртути, если трубку, не меняя ее горизонтального положения, поместить в горячую воду?

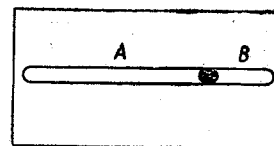


Рис. 5.3

5.9. В узкой, запаянной с обоих концов трубке воздух разделен каплейкой ртути так, как показано на рисунке 5.4. Подвесив трубку за кольцо, ее медленно опускают в горячую воду так, что трубка целиком в нее погружается. Начертите примерный график, отображающий зависимость положения каплейки ртути от глубины погружения трубки в воду.

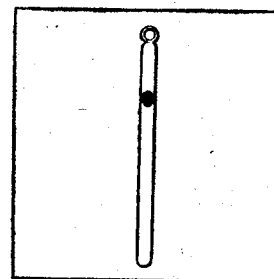


Рис. 5.4

6. ДАВЛЕНИЕ ЖИДКОСТЕЙ

6.1. Почему быстро летящая пуля пробивает в пластмассовом стакане, заполненном водой, лишь два маленьких отверстия, а стакан из стекла, заполненный водой, разбивается при попадании пули вдребезги?

6.2. В сосудах различной формы налита горячая вода (рис. 6.1.). Как изменится давление воды на дно сосудов после охлаждения ее до комнатной температуры? (Изменением объемов сосудов при охлаждении пренебречь.)

6.3. Пунктирными линиями покажите, при каких примерно уровнях горячей воды в сосуде (рис. 6.2) после охлаждения ее до комнатной температуры давление на дно сосуда а) уменьшится, б) увеличится, в) останется неизменным.

6.4. В сообщающихся сосудах (рис. 6.3) находится холодная вода. В каком направлении потечет вода по трубке, соединяющей сосуды, если их поместить в теплое помещение?

6.5. При каком условии вода в неподвижных цилиндрических сообщающихся сосудах не будет находиться на одном уровне?

6.6. Невесомая жидкость в одинаковых цилиндрах сжимается невесомыми поршнями (рис. 6.4). Сила, при-

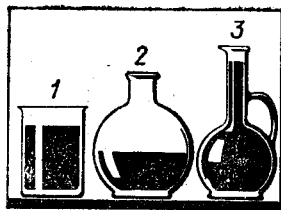


Рис. 6.1

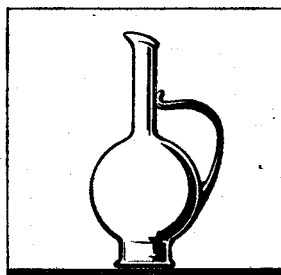


Рис. 6.2

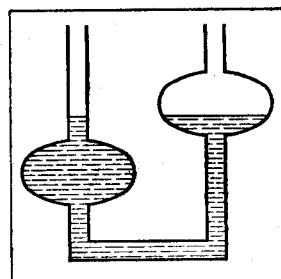


Рис. 6.3

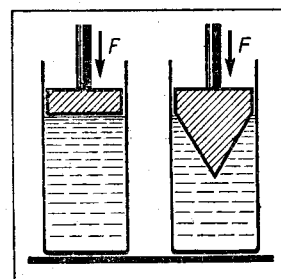


Рис. 6.4

ложенная к каждому поршню, равна F . В каком из цилиндров давление в жидкости больше?

6.7. Трубка широкого колена U-образного ртутного манометра имеет втрое больший диаметр, чем трубка узкого колена. К какому колену следует прикрепить шкалу для отсчета изменения давления, чтобы точность измерения была выше?

6.8. Трубки ртутного U-образного манометра имеют различные диаметры. К какому из колен манометра следует подсоединить сосуд, в котором необходимо измерить давление, чтобы точность измерения была выше? (Шкала прикреплена к узкому колену манометра.)

6.9. Невесомая жидкость находится между двумя невесомыми поршнями, жестко связанными между собой тонкой, нерастяжимой нитью (рис. 6.5). На верхний поршень действует сила F , площади поршней S_1 и S_2 . Чему равно давление в жидкости?

6.10. Цилиндрический сосуд с площадью дна 100 см^2 заполнен водой. В него вставляют поршень с отверстием, в которое вставлена трубка (рис. 6.6). Определите, на какую высоту поднимется вода в трубке, когда поршень прекратит свое движение вниз, если масса поршня с трубкой $2,4 \text{ кг}$, а внутренняя площадь поперечного сечения трубки 20 см^2 . (Трение не учитывать.)

6.11. Коробок в форме куба заполнен водой. Определите давление воды на дно коробка, если масса воды в нем равна 64 г .

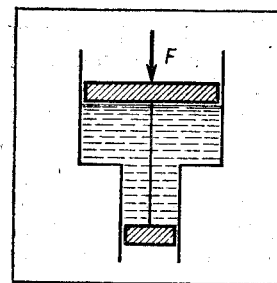


Рис. 6.5

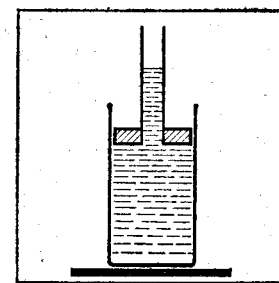


Рис. 6.6

6.12. До какой высоты h следует налить однородную жидкость в сосуд, имеющий форму куба со стороной a , чтобы сила давления жидкости на дно сосуда была равна силе давления жидкости на боковые стенки его? (Толщиной стенок сосуда пренебречь.)

6.13. Два сосуда с приставным дном (рис. 6.7) погружены в воду на одинаковую глубину. Дно сосудов отпадает, если налить в каждый из них воды массой 1 кг . Отпадет ли дно, если воду заменить жидкостью той же массы, но с плотностью, меньшей плотности воды?

6.14. Сосуды с приставным дном (см. рис. 6.7) погружены в воду на одинаковую глубину. Дно сосудов отпадает, если налить в каждый из них воды массой 1 кг . Отпадет ли дно, если воду заменить жидкостью той же массы, но с плотностью, большей плотности воды?

6.15. Сосуд в форме куба с ребром $a = 36 \text{ см}$ заполнен водой и керосином. Масса воды равна массе керосина. Определите давление жидкостей на дно сосуда. (Толщиной стенок сосуда пренебречь.)

6.16. Концы U-образной трубки (рис. 6.8) на $h = 30 \text{ см}$ выше уровня воды в ней. Левую трубку целиком заполнили керосином. Определите высоту столба керосина H в трубке.

6.17. В сосуде с водой на подставках находится цилиндр без дна. Высота выступающей из воды части цилиндра равна

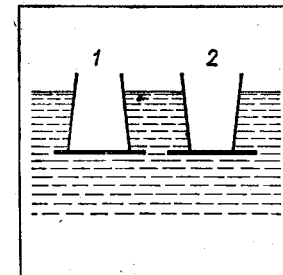


Рис. 6.7

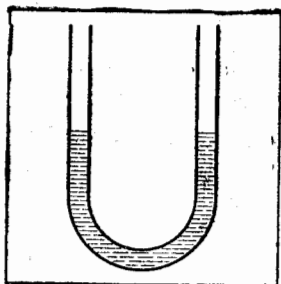


Рис. 6.8

6.19. В цилиндрических сообщающихся сосудах находится вода. Площадь поперечного сечения широкого сосуда в 4 раза больше площади поперечного сечения узкого сосуда. В узкий сосуд наливают керосин, который образует столб высотой 20 см. На сколько повысится уровень воды в широком сосуде и опустится в узком?

6.20. Три одинаковых сообщающихся сосуда частично заполнены водой (рис. 6.9). Когда в левый сосуд налили слой керосина высотой $H_1=20$ см, а в правый высотой $H_2=25$ см, то уровень воды в среднем сосуде повысился. На сколько повысился уровень воды в среднем сосуде?

6.21. В цилиндрических сообщающихся сосудах находится ртуть. Площадь поперечного сечения широкого сосуда в 5 раз больше площади поперечного сечения узкого сосуда. В узкий сосуд наливают воду, которая образует столб высотой 34 см. На сколько поднимется уровень ртути в широком сосуде и на сколько опустится в узком?

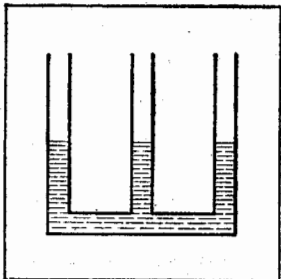


Рис. 6.9

$H=5$ см. Внутри цилиндра наливают масло. Какую высоту должен иметь цилиндр, чтобы его можно было заполнить маслом целиком?

6.18. В сообщающихся сосудах (см. рис. 6.8) правое и левое колена состоят из одинаковых трубок. Трубки частично заполнены водой. На сколько повысится уровень воды в левой трубке, если в правую налить керосина столько, что он образует столб высотой $H=30$ см?

6.22. Широкая трубка заполнена водой, а концы ее закрыты пробками A и B . Трубка установлена вертикально. У нижней пробки B в воде имеется пузырек воздуха. Давление на нижнюю пробку p равно давлению столба воды в трубке. Трубку перевернули, и пузырек воздуха оказался сверху. Каким стало давление на пробку A ? (Расстояние между пробками считать неизменным.)

6.23. Два одинаковых цилиндра с поршнями соединены трубкой с краном. В цилиндрах находится вода. Сверху на поршни поставили одинаковые стаканы с равным количеством воды. Затем в стаканы опустили тела, которые не тонут. Масса m_1 первого тела больше массы m_2 второго тела (рис. 6.10). На какую высоту h один относительно другого сместятся поршни, если открыть кран и система придет в равновесие? Площадь каждого поршня S . Трением пренебречь.

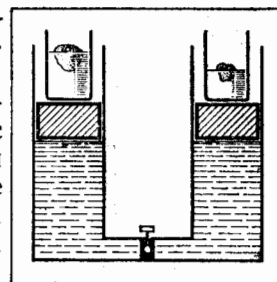


Рис. 6.10

7. ДВИЖЕНИЕ И СИЛЫ

7.1. Сосуд частично заполнен водой, которая не смачивает его стенки. Можно ли в условиях невесомости перелить воду из этого сосуда в другой такой же сосуд?

7.2. Мальчик бросает камень с грузеной баржи и с легкой надувной резиновой лодки. В каком случае камень полетит дальше?

7.3. Пуля пробивает две сосновые доски — толстую и тонкую. В каком случае она пролетит дальше: если она вначале попадет в толстую или если она вначале попадет в тонкую доску?

7.4. Известно, что в вакууме время подъема тела, брошенного вертикально вверх, равно времени его падения. Будет ли это равенство иметь место, если учитывать сопротивление воздуха?

7.5. Можно ли в условиях невесомости с помощью рычажных весов определить, у какого из двух тел масса больше?

7.6. Предположим, что весы установлены на Луне. На левую чашку этих весов положили тело, вес которого, определенный пружинными весами в земных условиях, равен 10 н. На правую чашку положили тело, взвешенное теми же пружинными весами на Луне. Его вес оказался равным тоже 10 н. Будут ли весы находиться в равновесии?

7.7. На конце соломинки сидит муравей. Соломинка свободно падает, оставаясь в вертикальном положении. Как изменится продолжительность падения, если мура-

вей во время падения переползет по соломинке снизу вверх?

7.8. Почему входное отверстие, пробиваемое пулей от воздушного ружья в парафиновой пластинке, меньше выходного?

7.9. Мальчик на берегу озера бросает камень, сообщая ему в горизонтальном направлении скорость v . Какую скорость v_1 будет иметь камень относительно мальчика? (Мальчик его бросает стоя в легкой надувной резиновой лодке в озере.)

7.10. Электрическая кофемолка представляет собой закрытый цилиндр с электродвигателем. Как определить направление вращения якоря этого электродвигателя, если окошко кофемолки закрыто и разбирать ее нельзя?

7.11. Мальчики, стоя на носу лодок, держат концы легкой веревки, протянутой между лодками. Массы лодок и мальчиков одинаковы. Перехватывая веревку руками, мальчики одновременно начали двигаться навстречу друг другу, один со скоростью v , а другой со скоростью $2v$ относительно веревки. Через какое время встретятся лодки, если начальное расстояние между ними l ?

7.12. На правой чашке чувствительных весов установлена вертикально тонкая палочка; у ее нижнего конца сидит паучок. На другой чашке находится груз, уравновешивающий весы. Нарушится ли равновесие весов, если паучок будет равномерно подниматься по палочке?

7.13. На правой чашке чувствительных весов установлена вертикально палочка; на ее верхнем конце сидит паучок. На другой чашке находится груз, уравновешивающий весы. Нарушится ли равновесие весов, если паучок будет равномерно по палочке опускаться вниз?

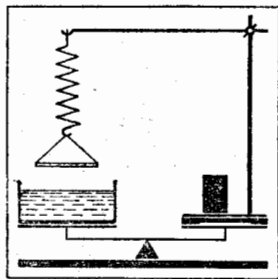


Рис. 7.1

7.14. На левой чашке весов находится широкий сосуд с водой. На правой — штатив с прикрепленной к нему пружиной; к нижнему концу пружины подвешена стеклянная пластинка (рис. 7.1). Весы привели в равновесие. Нарушится ли равновесие весов, если пружину растянуть так, чтобы пластинка соприкоснулась с водой и силами молекулярного взаимодействия стала удерживаться у поверхности воды?

7.15. Может ли сила трения превышать вес тела?

7.16. Перед поездкой на автомобиле после дождя по грунтовой дороге водитель ослабил давление в шинах автомобиля. Следовало ли это делать?

7.17. На полке в вагоне,двигающемся с ускорением прямолинейно, лежит портфель. Как направлена сила трения между портфелем и полкой?

7.18. На прямом горизонтальном участке пути поезд движется равномерно. Для перемещения груза, стоящего на полу в вагоне, в направлении, перпендикулярном движению поезда, необходимо приложить силу, равную F . Какую силу надо приложить к грузу, чтобы переместить его в направлении движения поезда? В направлении, противоположном движению поезда?

7.19. Мальчик со старта на велосипеде едет по прямой горизонтальной дороге. Как направлены силы трения между шинами и почвой, действующие на переднюю и заднюю шины колес велосипеда?

7.20. Вертолет, находившийся на горизонтальной поверхности земли, поднялся и остановился на небольшой высоте над землей. Когда вертолет действовал на землю с большей силой?

7.21. Чтобы доску массой 20 кг равномерно тащить по полу, нужно приложить силу 100 н. На доску поставили

деревянный ящик с грузом массой 80 кг. Определите: а) какую силу F_1 необходимо приложить к доске, чтобы равномерно перемещать ее с ящиком; б) какую силу F_2 нужно приложить к доске, чтобы вытащить ее из-под ящика, если он будет привязан к стене (рис. 7.2). (Учтите, что отношение силы трения к силе давления есть величина постоянная.)

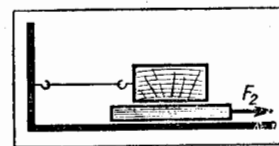


Рис. 7.2

7.22. Цепочка длиной l из одинаковых звеньев начинает скользить со стола, когда длина свисающей части цепочки (рис. 7.3) равна l_1 . Чему было равно отношение силы трения покоя к силе давления цепочки на стол?

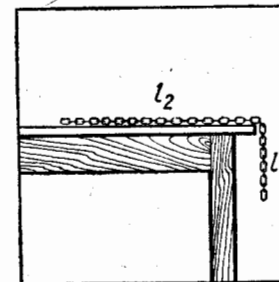


Рис. 7.3

8. АТМОСФЕРНОЕ ДАВЛЕНИЕ

8.1. Для барометра мальчики сделали барометрическую трубку, в которой средняя часть (в несколько сантиметров длиной) представляет трубку из эластичной резины. Как под действием ртути в такой составной трубке их барометра была деформирована резиновая часть трубки — сузилась или расширилась?

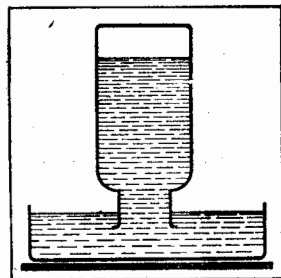


Рис. 8.1

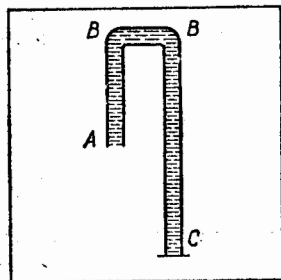


Рис. 8.2

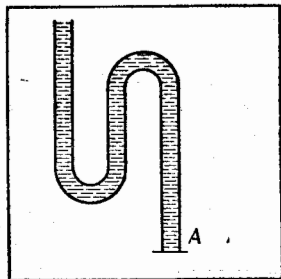


Рис. 8.3

8.2. Как ученые могли выяснить, какую массу имеет воздух, окружающий земной шар?

8.3. Простейшая автопоилка для мелких зверей и птиц схематически показана на рисунке 8.1. Напишите условия равновесия столба воды для любого уровня ее в верхнем сосуде.

8.4. Вода через небольшое отверстие в дне сосуда вытекает за время t . Изменится ли время вытекания воды при изменении атмосферного давления?

8.5. Какую роль при питье играет атмосферное давление?

8.6°. Изогнутая трубка (рис. 8.2) заполнена водой. Нижний конец трубки C закрыт, например, пальцем, и вода из трубки не выливается. Что произойдет, если конец трубки C открыть?

8.7°. Изогнутая трубка (рис. 8.3) заполнена водой, и ее конец A закрыт, например, пальцем так, что вода из трубки не выливается. Что произойдет, если отнять палец и оставить конец трубки A открытым?

8.8°. Изогнутая трубка (рис. 8.4) заполнена водой, и ее конец A закрыт так, что вода из трубки не выливается. Что произойдет, если открыть конец A трубки?

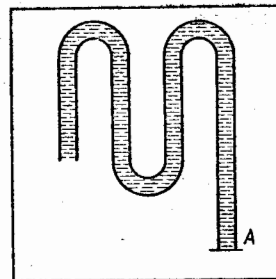


Рис. 8.4

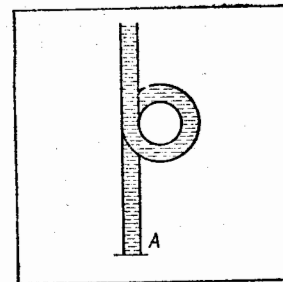


Рис. 8.5

8.9°. Изогнутая трубка (рис. 8.5) заполнена водой, и ее конец A закрыт, например, пальцем так, что вода из трубки не выливается. Что произойдет, если отнять палец и оставить конец трубки A открытым?

8.10°. Изогнутая в виде буквы Π трубка заполнена водой и одним концом опущена в сосуд с керосином, а другим в сосуд с водой (рис. 8.6). Уровни жидкостей в сосудах одинаковы. Будет ли перемещаться вода в трубке?

8.11°. Из сосуда A по трубке B , заполненной водой, вода вытекает в сосуд C (рис. 8.7, а). Будет ли происходить этот процесс, если сосуды с трубкой поместить в бак, заполненный керосином (рис. 8.7, б)?

8.12. Трубку ртутного барометра подвесили к крючку динамометра (рис. 8.8). Что покажет динамометр?

8.13. Трубку ртутного барометра подвесили к крючку динамометра (см. рис. 8.8). Будет ли изменяться уровень ртути в трубке при изменении атмосферного давления?

8.14. Трубку ртутного барометра подвесили к крючку динамометра (см. рис. 8.8). Как будут изменяться пока-

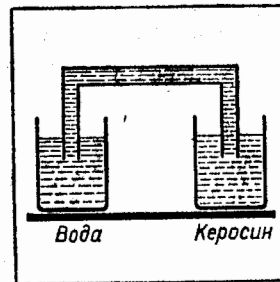


Рис. 8.6

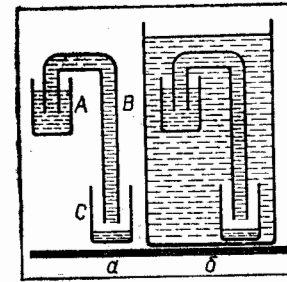


Рис. 8.7

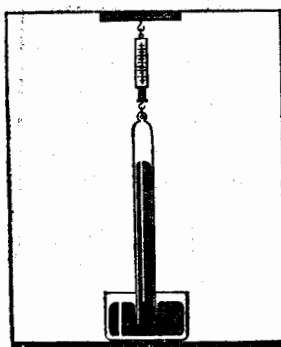


Рис. 8.8

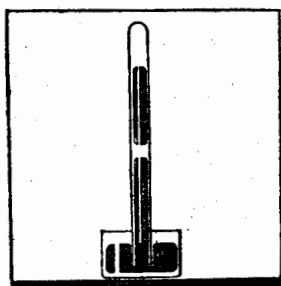


Рис. 8.9

зання динамометра при изменении атмосферного давления?

8.15. При постановке опыта Торричелли в трубке в столбике ртути оказался пузырек воздуха (рис. 8.9). Будет ли изменяться объем этого пузырька при изменении атмосферного давления?

8.16. Ртутный барометр уронили, и он, сохраняя вертикальное положение, падает с большой высоты. Если не учитывать сопротивления воздуха, то можно считать, что барометр при падении находится в состоянии невесомости. Что он будет показывать?

8.17. Две барометрические трубки соединили трубкой с краном K (рис. 8.10). Трубки заполнили ртутью и открытые их концы опустили в сосуды с ртутью. При этом кран закрыт. Что произойдет, если кран открыть?

8.18. Резиновый шланг на конце A закрыт эластичной резиновой пленкой и установлен вертикально (рис. 8.11). Шланг наполнили водородом. а) В каком направлении будет прогибаться пленка? б) Каково будет это направление, если шланг согнуть так, как показано на рисунке 8.11 пунктиром?

8.19. Верхний конец A резиновой трубки закрыт эластичной резиновой пленкой. Трубку заполнили водой и установили вертикально. а) В каком направлении будет прогибаться пленка? б) Каково будет это направление, если трубку согнуть так, как показано на рисунке 8.11 пунктиром? (Вода из трубки не выливается.)

8.20. В барокамере установили открытый чашечный барометр, который показывает, что давление внутри камеры равно ≈ 1 ат. Камеру закрыли и в нее начали нагнетать воздух. Наружный манометр показал, что в камере установилось давление в 2 ат. Какой высоты должна быть трубка барометра в камере, чтобы его показания соответствовали показаниям наружного манометра?

8.21. При атмосферном давлении, равном 751 мм рт. ст., манометр показал, что давление в шинах автомобиля равно 3,4 ат. С какой силой давит воздух внутри камеры автомобиля на каждые 100 см^2 ее площади?

8.22. Вертикальная трубка с закрытым концом, частично наполненная керосином, опущена открытым концом в сосуд с керосином. При этом уровень керосина в трубке на 15 см выше уровня керосина в сосуде. Определите давление p воздуха в трубке, если наружное давление $p_0 = 103360 \text{ н/м}^2$.

8.23. В сосуд с водой опустили соединенные между собой трубки (рис. 8.12). Когда из трубок откачали часть воздуха, то вода поднялась в левой трубке выше, чем в правой. Будет ли переливаться вода из левой трубки в правую, если открыть кран?

8.24. Каждый из двух сосудов одинаковой формы имеет кран (рис. 8.13). В сосудах находится воздух. Давление воздуха в первом сосуде равно 100 ат, а во втором — 1 ат. Как переместить воздух из первого сосуда во второй, если нет ни насосов, ни холодильников, ни каких-либо других машин?

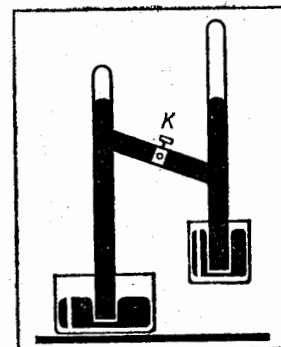


Рис. 8.10

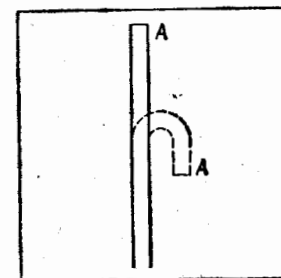


Рис. 8.11

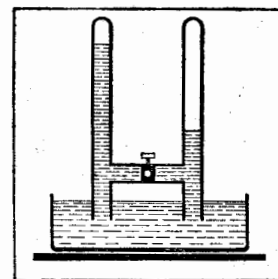


Рис. 8.12

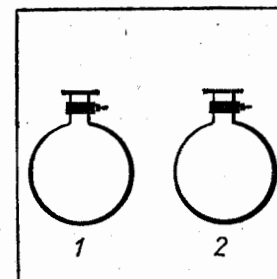


Рис. 8.13

9. АРХИМЕДОВА СИЛА

9.1. В сосуде с водой плавает шар, наполовину погружившись в воду. Изменится ли глубина погружения шара, если этот сосуд с шаром перенести на планету, где сила тяжести в два раза больше, чем на Земле?

9.2°. Ко дну сосуда с водой приморожен шарик из льда. Как изменится уровень воды в сосуде, когда лед растает?

9.3°. В сосуде с водой плавает кусок льда. Изменится ли уровень воды в сосуде, если лед растает?

9.4°. В сосуде с водой плавает кусок льда, в котором находится пузырек воздуха. Изменится ли уровень воды в сосуде, когда лед растает?

9.5°. В сосуде с водой плавает кусок льда с вмержшим в него стальным шариком. Изменится ли уровень воды в сосуде, когда лед растает?

9.6. В сосуд налиты вода и керосин (рис. 9.1). На поверхности воды плавает шарик из парафина. При этом частично шарик находится в воде, частично — в керосине. Изменится ли объем части шарика, находящейся в воде, если сосуд заполнить керосином доверху?

9.7°. Сосуд частично заполнен водой, в которой плавает кусок льда. Поверх льда наливают керосин так, что кусок льда полностью оказывается в керосине. При этом верхний уровень керосина устанавливается на высоте h от дна сосуда. Как изменится эта высота, когда лед растает?

9.8°. В сосуде с водой плавает брусок из льда. Как изменится глубина погружения бруска в воде, если поверх воды налить керосин?

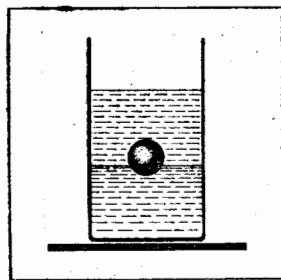


Рис. 9.1

9.9°. В сосуде с водой плавает брусок из льда, на котором лежит деревянный шар. Плотность вещества шара меньше плотности воды. Изменится ли уровень воды в сосуде, если лед растает?

9.10°. В сосуде с водой плавает железный коробок. В центре дна коробка имеет небольшое отверстие, закрытое растворимой в воде пробкой. При этом уровень воды в сосуде равен H . Через некоторое время пробка раствори-

лась в воде и коробок утонул. Изменился ли уровень воды в сосуде?

9.11°. В сосуде с водой плавает деревянный круг, в центре которого укреплен шарик из свинца (рис. 9.2). Изменится ли уровень воды в сосуде относительно дна его, если круг перевернуть?

9.12°. В сосуде с водой плавает деревянный брусок с укрепленной на нем изогнутой проволочкой (рис. 9.3). На конце проволочки подвешен шар из свинца. Изменится ли уровень воды в сосуде, если нить, удерживающую шар, удлинить так, чтобы шар целиком погрузился в воду? (На рисунке положение шара в воде обозначено пунктиром.)

9.13°. В сосуде с водой плавает железный коробок, ко дну которого при помощи нити подвешен стальной шар. Шар не касается дна сосуда. Как изменится высота уровня воды в сосуде, если нить, удерживающая шар, оборвется?

9.14°. В начальный момент, когда деревянный коробок плавал в сосуде с водой, ее уровень был расположен на высоте H . Но со временем в коробок через щели в нем попала вода, и коробок значительно погрузился в воду, но продолжал плавать. Изменился ли при этом уровень воды в сосуде?

9.15°. В сосуде с водой плавает опрокинутая вверх дном кастрюля. Будет ли изменяться уровень воды в сосуде с изменением температуры окружающего кастрюлю воздуха? (Тепловым расширением воды, кастрюли и сосуда пренебречь.)

9.16°. Два одинаковых сосуда до краев наполнены водой. На поверхности воды в каждом из сосудов плавают одинаковые деревянные бруски. На бруске в первом сосуде лежит стальной шарик; такой же шарик лежит на дне второго сосуда. Одинаков ли вес первого и второго сосудов со всем их содержимым?

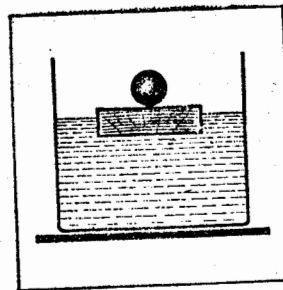


Рис. 9.2

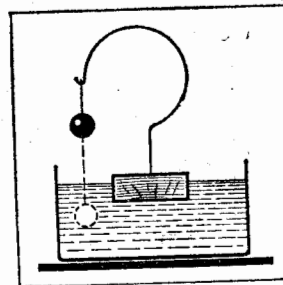


Рис. 9.3

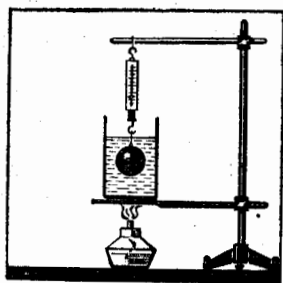


Рис. 9.4

9.17°. К пружинным весам подвешено тело, погруженное в сосуд с водой (рис. 9.4). Как изменятся показания весов, если жидкость вместе с погруженным в нее телом нагреть?

9.18°. В холодном помещении на одной чашке весов находится сосуд с водой и погруженным в нее телом. На другой — груз, уравнивающий весы (рис. 9.5). Сохранится ли равновесие весов, если данную установку перенести из холодного помещения в теплое?

9.19°. На левой чашке весов находится сосуд с водой, а на правой — штатив, к перекладине которого подвешено на нитке какое-нибудь тело. Пока тело не погружено в воду, весы находятся в равновесии (рис. 9.6). Затем нитку удлиняют так, что тело полностью погружается в воду (не касаясь дна сосуда). При этом равновесие весов нарушается. Какой груз и на какую чашку весов нужно положить, чтобы восстановить равновесие?

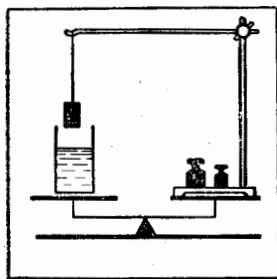


Рис. 9.6

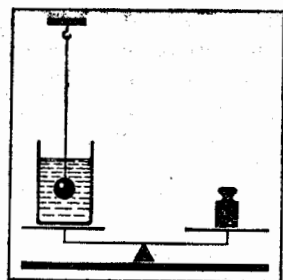


Рис. 9.5

9.20. В один из двух одинаковых цилиндрических сообщающихся сосудов; частично заполненных водой, поместили деревянный шарик массой 20 г. При этом в другом сосуде уровень воды поднялся на 2 мм. Чему равна площадь поперечного сечения сообщающегося сосуда?

9.21. Железный кубик с ребром a , из которого вырезали кубик с ребром $\frac{1}{2}a$, погрузили в воду. Чему равна выталкивающая сила, действующая на оставшуюся (сплошную) часть кубика?

9.22. Какого наибольшего веса может быть кусок железа, привязанный к пробковому кубу с ребром 3 см, чтобы оба тела, будучи погружены в воду, не потонули в ней? (Весом нити пренебречь.)

9.23. Динамометр показывает, что мраморный шарик, подвешенный к нему на тонкой нити, весит 1,62 н. Что будет показывать динамометр, если шарик наполовину погрузить в воду?

9.24. Прямоугольная льдина длиной 52 м и шириной 40 м плавает в море. Высота льдины, выступающей над поверхностью воды, равна 1 м. Определите объем всей льдины.

9.25. На весах уравновешен сосуд с водой. В воду опустили подвешенный на нити куб из железа. При этом он не касается дна и стенок сосуда. Площадь поверхности куба равна 150 см². Какой груз и на какую чашку следует положить, чтобы привести весы в равновесие?

9.26. Деревянный кубик стоит внутри сосуда на подставках (рис. 9.7). Площадь полной поверхности кубика 294 см². Высота подставок 2 см. Сосуд медленно заполняют водой. При какой высоте столба воды в сосуде давление кубика на подставки станет равным нулю? $\rho_{\text{д}} = 0,7 \text{ г/см}^3$.

9.27. Какую массу имеет деревянный брусок со стороны l , если при переносе его из масла в воду глубина погружения бруска уменьшилась на h ?

9.28. Кусок металла массой 780 г в воде весит 6,8 н, в жидкости А — 7 н и в жидкости Б — 7,1 н. Определите плотности жидкостей А и Б.

9.29. Цинковый шар весит 3,6 н, а при погружении в воду — 2,8 н. Сплошной ли это шар или имеет полость?

9.30. Сплошное однородное тело, будучи погружено в жидкость плотностью ρ_1 весит P_1 , а в жидкости плотностью ρ_2 весит P_2 . Определите плотность вещества тела.

9.31. Кусок парафина в форме параллелепипеда толщиной 5 см плавает в воде. Какая часть этого куска выступает над водой?

9.32. Колба из стекла емкостью 1,5 л имеет массу 250 г. Какой минимальный груз надо поместить в колбу, чтобы она потонула в воде?

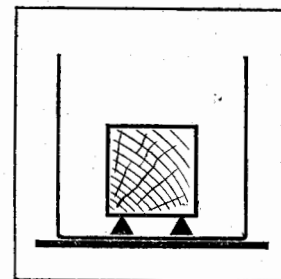


Рис. 9.7

9.33. Поверх ртути в сосуде налита вода. Кусок гранита объемом V плавает у границы раздела этих жидкостей (при этом гранит полностью покрыт водой). Какой объем V_1 имеет погруженная в ртуть часть гранита?

9.34. Какой массы алюминиевый груз следует привязать к деревянному бруску массой $5,4 \text{ кг}$, чтобы, будучи погруженными в воду, они находились в ней во взвешенном состоянии? ($\rho_d = 0,5 \text{ кг/дм}^3$.)

9.35. Деревянный и алюминиевый цилиндры одинакового сечения соединены в торец. Длина деревянного цилиндра 20 см . Какую длину должен иметь алюминиевый цилиндр, чтобы при плавании в воде цилиндры устанавливались вертикально, причем верхнее основание деревянного цилиндра находилось бы на $2,9 \text{ см}$ выше уровня воды? ($\rho_d = 0,6 \text{ г/см}^3$.)

9.36. К куску железа массой $11,7 \text{ г}$ привязан кусок пробки массой $1,2 \text{ г}$. В воде они весят $0,064 \text{ н}$. Определите плотность пробки. Объемом и весом нитей, связывающих куски, можно пренебречь.

9.37. Полый медный шар плавает в воде во взвешенном состоянии. Чему равна масса шара, если объем воздушной полости равен $V_1 = 17,75 \text{ см}^3$?

9.38. В бак с водой опущена длинная стеклянная трубка с площадью сечения s . Верхний конец трубки открыт и находится выше уровня воды в баке, а снизу трубка закрыта пластинкой с площадью сечения S и толщиной l (рис. 9.8). Плотность материала пластинки $\rho_{пл}$ больше плотности воды ρ_v . Трубку медленно поднимают вверх. Определите, на какой глубине h пластинка оторвется от трубки.

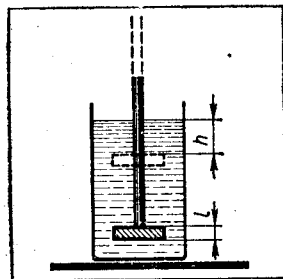


Рис. 9.8

9.39. В дно бака впаина трубка с площадью сечения s . Снизу трубка открыта, а сверху прикрыта пластинкой с площадью S и толщиной l (рис. 9.9). Какой должна быть минимальная плотность вещества пластинки ρ , чтобы она не всплывала при высоте воды в баке над пластинкой, равной H ?

9.40. Древнегреческий ученый Аристотель для доказательства невесомости воздуха взвешивал

пустой кожаный мешок и тот же мешок, надутый воздухом. В обоих случаях показания весов были одинаковы. Почему заключение Аристотеля, что воздух не имеет веса, неверно?

9.41. Отто Герике предполагал, что сосуды с разреженным воздухом должны подниматься в воздух. По проекту Франческо Лана Терци воздушный корабль должен был состоять из лодки и четырех металлических шаров, из которых выкачан воздух. Объясните, почему надо считать утверждение Герике и проект Лана совершенно правильными, но неосуществимыми на практике.

9.42. Одинаковые по весу оболочки двух шаров сделаны: одна — из эластичной резины, другая — из прорезиненной ткани. Оболочки наполнены одним и тем же количеством водорода и занимают одинаковый объем. Шары отпустили, и они стали подниматься в воздухе. Какой из шаров поднимется на большую высоту? (Диффузией водорода в атмосферу пренебречь.)

9.43. В каком случае подъемная сила у самодельного бумажного воздушного шара больше: когда ребята запускали его, заполняя горячим воздухом, в помещении школы или на дворе школы, где было довольно прохладно?

9.44. На левой чашке очень чувствительных весов находится открытый сосуд, в который вставлена длинногорлая колба, частично заполненная водой (рис. 9.10). На правую чашку весов положен груз из свинца, уравновешивающий весы. Нарушится ли равновесие весов, если атмосферное давление изменится?

9.45. Из какого материала надо сделать гири, чтобы при точном взвешивании можно было не вводить поправки на потерю веса в воздухе?

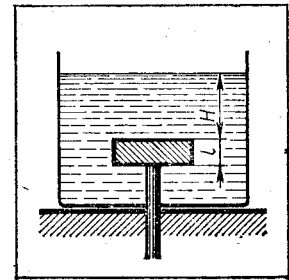


Рис. 9.9

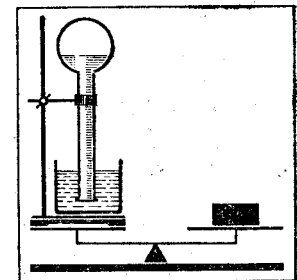


Рис. 9.10

10. РАБОТА

10.1. Гвоздь забili в бревно, затем вытащили его. Одинаковую ли при этом совершили механическую работу?

10.2. Две одинаковые стальные линейки сложили вместе и, расположив их горизонтально, одним концом зажали в тиски. Между свободными концами (вдоль линейек) вдвинули отвертку, а затем вытащили ее. Полагая, что трение между линейками и отверткой отсутствует, определите, одинаковая ли при этом была произведена механическая работа.

10.3. Между двумя соседними книгами, положенными одна на другую, вдвинули линейку, а затем вытащили ее. Одинаковую ли при этом выполняли механическую работу?

10.4. Может ли механическую работу совершить сила трения покоя?

10.5. Нижний конец вертикальной пружины укреплен у пола. Ее можно растянуть на Δl или сжать на Δl . Одинаковая ли при этом будет совершена работа?

10.6. Пружина в ненапряженном состоянии закреплена на концах и занимает горизонтальное положение. Ее можно растянуть на некоторую длину или на столько же сжать. Одинаковая ли при этом будет выполнена работа?

10.7. Одинаковую ли работу совершает мальчик, поднимаясь по свободно висящему канату, который в одном случае привязан к потолочной балке, а в другом — перекинут через блок и на конце его привязан груз, равный весу мальчика? (Высоту подъема считать одинаковой.)

10.8. Порожнюю закрытую бутылку (с плоским дном) погружают в воду один раз горлышком вниз, а другой — вверх на одну и ту же глубину, равную $1/2$ высоте бутылки. При каком погружении бутылки в воду требуется совершить большую работу?

10.9. Аквалангист на некоторой глубине в воде освободил взятые с собой при погружении деревянные и пробковые шарики, и они всплыли. Объем шариков одинаков, $\rho_d > \rho_p$. Одинаковая ли была совершена работа по подъему шариков на поверхность воды?

10.10. Изменится ли работа, производимая двигателем эскалатора, если пассажир, стоящий на равномерно движущейся вверх лестнице эскалатора, начнет сам равномерно подниматься по ней?

10.11. Чтобы удалить гвоздь длиной 10 см из бревна, необходимо приложить начальную силу 2 кН. Гвоздь вытащили из бревна. Какую при этом выполнили механическую работу?

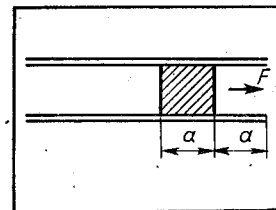


Рис. 10.1

10.12. В открытую с обоих концов трубку вставлена пробка длиной a . Пробка находится от края трубки на расстоянии a (рис. 10.1). Какую работу надо произвести, чтобы вытащить пробку из трубки, если сила трения между пробкой и трубкой F ? Весом пробки пренебречь.

10.13. В доску толщиной 5 см забili гвоздь длиной 10 см так, что половина гвоздя прошла на вылет. Для вытаскивания его из доски необходимо приложить силу 1,8 кН. Гвоздь вытащили из доски. Какую при этом совершили механическую работу?

10.14. Канат длиной 5 м и массой 8 кг лежит на земле. Канат за один конец подняли на высоту, равную его длине. Какую при этом совершили механическую работу?

10.15. Оконную штору массой 1,4 кг и длиной 2 м свертывают на тонкий валик на верху окна. Какую при этом совершают работу? Трением и весом валика пренебречь.

10.16. Ящик в форме куба с ребром $l=1$ м стоит на площадке из досок так, что ребро его совпадает с краем досок. Продолжением площадки является земляной покров. Какую работу нужно совершить, чтобы переместить ящик на земляной покров, если сила трения между ящиком и досками равна 0,5 кН, а между ящиком и землей — 0,8 кН?

10.17. В водоеме укреплен вертикальная труба с поршнем так, что нижний ее конец погружен в воду. Поршень, находящийся вначале на поверхности воды, медленно поднимают на высоту $H=15$ м. Какую при этом совершают работу, если площадь поршня $S=1$ дм², атмосферное давление $p=1$ ат? Трением и весом поршня можно пренебречь.

10.18. Плоская льдина площадью поперечного сечения $S=1$ м² и толщиной $H=0,4$ м плавает в воде. Какую работу надо совершить, чтобы льдину полностью погрузить в воду?

10.19. В цилиндрическом стакане с водой плавает брусок высотой l и сечением S (рис. 10.2). Какую работу не-

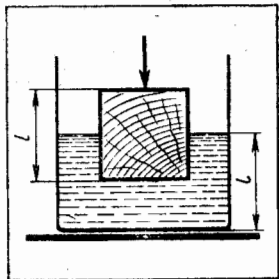


Рис. 10.2

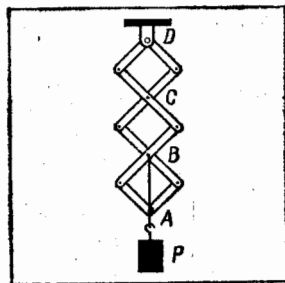


Рис. 10.3

обходимо совершить, чтобы с помощью тонкой стальной спицы брусок медленно опустить на дно стакана? Сечение стакана $S_1 = 2S$, начальная высота воды в стакане l , плотность материала бруска $\rho = 0,5 \rho_v$, где ρ_v — плотность воды.

10.20. Подвеска состоит из однородных стержней, соединенных шарнирно. Вес системы P . Определите натяжение нити AB (рис. 10.3).

10.21. Подвеска состоит из однородных стержней, соединенных шарнирно. Вес груза P . Определите натяжение нити AB (рис. 10.4). (Весом подвески пренебречь.)

10.22. Однородная цепочка длиной 2 м лежит на столе. Когда часть цепочки длиной $0,2 \text{ м}$ опускают со стола, она начинает скользить вниз. Масса цепочки 5 кг , а сила трения между столом и цепочкой составляет $0,1$ веса цепочки. Какая работа против силы трения совершается при соскальзывании цепочки?

10.23. Невесомый куб, длина ребра которого a , погружают вертикально один раз в воду, а другой — в ртуть до тех пор, пока уровень жидкости не совпадет с верхней гранью куба. Сравните работы, выполняемые при этих погружениях.

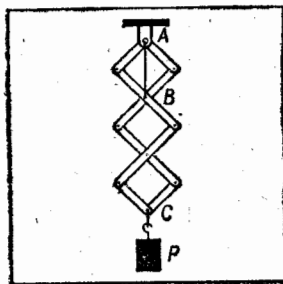


Рис. 10.4

11. МОЩНОСТЬ

11.1. Судно перешло из реки в море. При этом мощность, развиваемая двигателями, и число оборотов винта не изменились. Изменилась ли скорость движе-

ния судна относительно воды? (Вязкость речной и морской воды считать одинаковой.)

11.2. Изменится ли мощность, развиваемая двигателями эскалатора, если мальчик, стоящий на движущейся вверх лестнице эскалатора, начнет подниматься по эскалатору с постоянной скоростью?

11.3. Чему равен к. п. д. гидростанции, если расход воды равен $6 \text{ м}^3/\text{сек}$, напор воды 20 м , а мощность станции 880 кВт ?

11.4. Из колодца глубиной 18 м за $0,5 \text{ мин}$ с помощью ворота подняли бадью с глиной массой 36 кг на цепи, каждый метр которой имеет массу 1 кг . При какой мощности была совершена эта работа?

11.5. Сила тяги тепловоза равна 245 кН . Мощность двигателей 3000 кВт . За какое время поезд при равномерном движении пройдет путь, равный 15 км ?

11.6. Какую мощность необходимо развить, чтобы сжать пружину на 4 см в течение 5 сек , если для сжатия ее на 1 см требуется сила $24,5 \text{ кН}$?

11.7. При помощи гидравлического пресса нужно поднять груз массой $1 \cdot 10^5 \text{ кг}$. Определите число ходов малого поршня за 1 мин , если за один ход он опускается на 20 см . Мощность двигателя при прессе $3,68 \text{ кВт}$, к. п. д. пресса $\eta = 75\%$. Отношение площадей поршней $0,01$.

11.8. Ящик с квадратным дном ($l = 1,8 \text{ м}$) стоит на цементном полу, продолжением которого является дощатый пол (рис. 11.1). Какая была развита мощность, если за 1 мин ящик был передвинут на дощатый пол? Сила трения между ящиком и цементным полом равна $0,54 \text{ кН}$, а между ящиком и дощатым полом — $0,72 \text{ кН}$.

11.9. Автомобиль с двигателем мощностью $N_1 = 30 \text{ кВт}$ при перевозке груза развивает скорость $v_1 = 15 \text{ м/сек}$. Автомобиль с двигателем мощностью $N_2 = 20 \text{ кВт}$ при тех же условиях развивает скорость $v_2 = 10 \text{ м/сек}$. С какой скоростью будут двигаться автомобили, если их соединить тросом?

11.10. Наблюдая за лодкой, ведущей на буксире другую такую же, можно заметить, что буксирный канат бывает натянут не все время. Объясните причину этого явления. (Мощность, развиваемая буксиром, постоянна.)

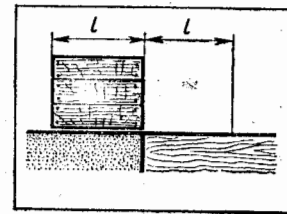


Рис. 11.1

12. ЭНЕРГИЯ

12.1. Под действием груза пружина растянулась (рис. 12.1). Как будет изменяться потенциальная энергия пружины, если: а) ее нагревать; б) ее охлаждать?

12.2. У дна сосуда с водой на нити удерживается деревянный шар (рис. 12.2). Нить оборвалась, и шар всплыл. Как изменилась относительно земли потенциальная энергия системы сосуд — вода — шар?

12.3. Предположим, что в некотором районе на поверхности Луны твердость и плотность грунта совпадают с твердостью и плотностью грунта в данном месте на Земле. Где легче копать лопатой: на Земле или на Луне?

12.4. Мяч, уроненный с некоторой высоты H в неподвижном лифте, подскакивает на высоту h . Изменится ли эта высота, если лифт равномерно движется навстречу уроненному в нем с той же высоты мячу?

12.5. Пружина из цинка удерживается в деформированном состоянии с помощью стягивающей ее концы нити. Деформированную пружину опустили в серную кислоту, в которой цинк растворился. Куда девалась потенциальная энергия пружины?

12.6. Может ли потенциальная энергия быть отрицательной?

12.7. Мальчик бросает снежки, стоя на глубоком рыхлом снегу. Затем он переходит на хорошо утоптанную,

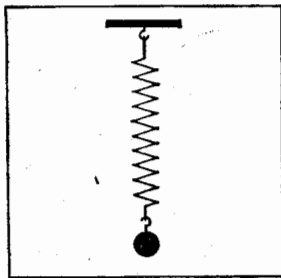


Рис. 12.1

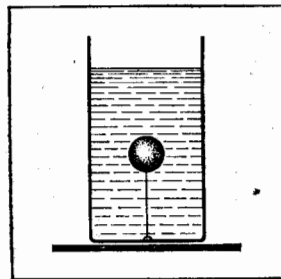


Рис. 12.2

нескользкую площадку и продолжает бросать такие же снежки и с тем же усилием. Считая направление бросания снежков горизонтальным, определите, одинаково ли далеко будут падать снежки.

12.8. За счет какой энергии совершается работа по подъему аэростата?

12.9. Со дна водоема всплыл пузырек газа. За счет чего увеличилась его потенциальная энергия?

12.10. Аэростат, наполненный водородом, поднялся в стратосферу. За счет чего увеличилась его потенциальная энергия?

12.11. Почему при встряхивании решета, частично заполненного галькой, наиболее крупная галька перемещается кверху, а мелкая — книзу?

12.12. Брусок лежит на доске. Между бруском и упором помещена пружина, которая в сжатом состоянии удерживается нитью (рис. 12.3). Если нить пережечь, то брусок под действием пружины придет в движение и, пройдя некоторый путь l , остановится. Большой или меньший путь l_1 прошел бы брусок, если бы этот опыт был поставлен на Луне?

12.13. В двух одинаковых сосудах ко дну прикреплены одинаковые тонкие нерастяжимые стальные стержни. На верхних концах стержней находятся одинаковые стальные шарики. Один из сосудов заполнен водой. Будет ли одинаковой потенциальная энергия шариков относительно дна этих сосудов?

12.14. Один из двух сосудов заполнен водой. В сосуды роняют одинаковые стальные шарики так, что в какой-то момент времени шарики находятся на одинаковой высоте от поверхности стола. Будет ли в этот момент потенциальная энергия шариков относительно поверхности стола одинаковой?

12.15. Можно ли совершить работу в 5 дж, подняв лишь один раз гирию массой 100 г на высоту 1 м?

12.16. Моторная лодка идет со скоростью v . С кормы мальчик бросает камень в направлении, противоположном движению лодки. Пусть скорость камня относительно лодки также равна v . Тогда скорость камня относительно воды равна нулю, и поэтому равна нулю и его

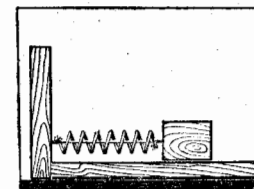


Рис. 12.3

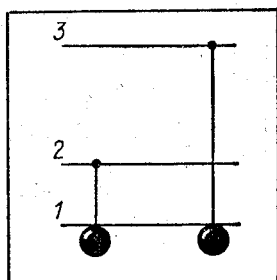


Рис. 12.4

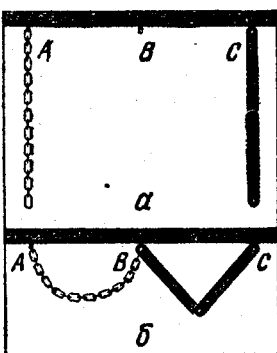


Рис. 12.5

стержней такие же, как у цепочки. $AC=l$, $AB=BC$. Одинаковая ли была совершена работа, когда свободные концы цепочки и стержней подняли и подвесили в точке B (рис. 12.5, б)?

12.20. На какую глубину l погрузится тело, упавшее с высоты h в воду, если плотность вещества тела ρ меньше плотности воды? Трением о воздух и воду пренебречь.

12.21. Земля движется вокруг Солнца со средней скоростью $v_{\text{ср}}=29,8 \text{ км/сек}$. Зимой скорость движения больше, а летом меньше. Куда же девается разность кинетических энергий Земли между зимним и летним периодами движения ее по орбите вокруг Солнца?

13. ТЕПЛОТА И РАБОТА

13.1. В каком случае шина автомобиля при его движении больше нагреется: когда она слабо надута или надута хорошо?

кинетическая энергия. Но до того, как камень был брошен, он обладал кинетической энергией (так как двигался вместе с лодкой). Следовательно, бросая камень, мальчик не увеличил его кинетическую энергию, а уменьшил. Куда «исчезла» энергия камня?

12.17. На полу лежат куб и шар, сделанные из стали. Масса их одинакова. Тела подняли до соприкосновения с потолком. Одинаково ли изменилась при этом их потенциальная энергия?

12.18. Грузы массой 100 г каждый подвешены на одинаковых нитях длиной 25 и 75 см соответственно (рис. 12.4). Для какой из нитей более вероятен обрыв: короткой или длинной, если оба груза поднять на одинаковую высоту (до второго уровня) и опустить?

12.19. К точке A подвешена цепочка длиной l , а к точке C — конец шарнирно связанных между собой двух стержней (рис. 12.5, а). Общая масса и длина

стержней такие же, как у цепочки. $AC=l$, $AB=BC$. Одинаковая ли была совершена работа, когда свободные концы цепочки и стержней подняли и подвесили в точке B (рис. 12.5, б)?

12.20. На какую глубину l погрузится тело, упавшее с высоты h в воду, если плотность вещества тела ρ меньше плотности воды? Трением о воздух и воду пренебречь.

12.21. Земля движется вокруг Солнца со средней скоростью $v_{\text{ср}}=29,8 \text{ км/сек}$. Зимой скорость движения больше, а летом меньше. Куда же девается разность кинетических энергий Земли между зимним и летним периодами движения ее по орбите вокруг Солнца?

13.2. На втором этаже потенциальная энергия вязанки дров больше, чем на первом. Будет ли энергия, полученная от сжигания этих дров на втором этаже, больше энергии, которая была бы получена при их сжигании на первом этаже?

13.3. Тело, движущееся со скоростью 5 м/сек , сталкивается с пружиной и сжимает ее. Затем пружина распрямляется и тело движется назад, но уже со скоростью 4 м/сек . Почему уменьшилась скорость тела?

13.4. Санки массой m , находящиеся на вершине горки высотой H , соскальзывают по уклону горки вниз и, пройдя некоторый путь, останавливаются. Какую работу нужно совершить, чтобы втащить их обратно на горку по тому же пути?

13.5. Одинаковые цилиндрические сообщающиеся сосуды частично заполнены ртутью. На поверхности ртути лежат невесомые поршни. Левый поршень застопорен, и на нем стоит груз, при этом ртуть в трубках находится на одном уровне (рис. 13.1, а). Когда левому поршню предоставили свободу перемещения, то ртуть в трубках установилась так, как показано на рисунке 13.1, б. Изменилась ли потенциальная энергия системы ртуть — груз?

13.6. Одинаковые цилиндрические сообщающиеся сосуды с площадью сечения S частично заполнены ртутью. На поверхности ртути лежат невесомые поршни. Когда на левый поршень положили груз весом P , уровни ртути в сосудах установились так, как показано на рисунке 13.1, б. На сколько изменилась потенциальная энергия системы груз — ртуть?

13.7. Стальной шарик массой $m=50 \text{ г}$ поднят на высоту $H=2 \text{ м}$ над стальной плитой и отпущен, после чего он многократно отскакивает от плиты. Через некоторое время высота его подъема стала равной $H_1=1,5 \text{ м}$. Какое количество теплоты выделилось за это время в результате столкновения шарика с плитой и трения о воздух?

13.8. В запаянную с одного конца трубку поместили капельку ртути. Между запаянным концом трубки и капелькой ртути находится некоторая масса воздуха. В каком случае для нагревания этого воздуха до температуры

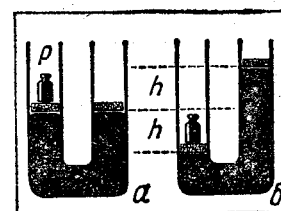


Рис. 13.1

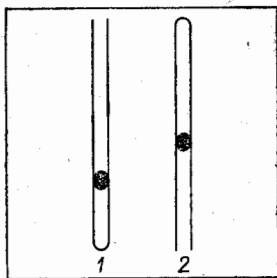


Рис. 13.2

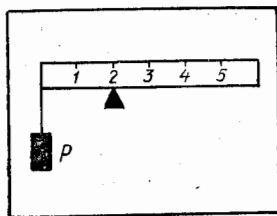


Рис. 14.1

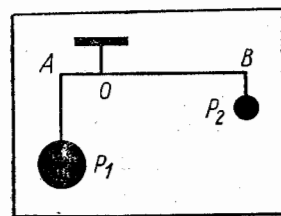


Рис. 14.2

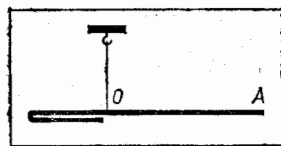


Рис. 14.3

t потребуется больше энергии: если трубка находится в положении 1 или в положении 2 (рис. 13.2)? Начальная температура воздуха в обоих случаях одинакова.

14. МЕХАНИЗМЫ

14.1. Можете ли вы, находясь в лесу, определить вес корзины с собранными грибами, если у вас есть пружинные весы, позволяющие определить вес, на много меньший веса одной лишь корзины?

14.2. При каком условии однородный рычаг (рис. 14.1) будет находиться в равновесии?

14.3. На невесомом рычаге уравновешены стальные шары (рис. 14.2). Нарушится ли равновесие рычага, если шары погрузить в воду?

14.4. Кусок проволоки согнули и в точке O подвесили на нити (рис. 14.3). При этом проволока относительно точки O находится в равновесии и отрезок OA расположен горизонтально. Нарушится ли равновесие, если проволоку погрузить в воду?

14.5. Ко дну правой части сосуда приморожен брусок льда. Сосуд частично заполнен водой и установлен на ребро неподвижной призмы (рис. 14.4). Нарушится ли равновесие сосуда, если лед растает?

14.6. Сосуд, частично заполненный водой, опирается на неподвижное ребро призмы (рис. 14.5.) В правую часть сосуда поместили кусок алюминия

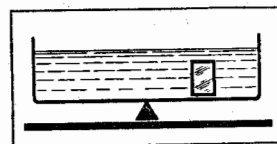


Рис. 14.4

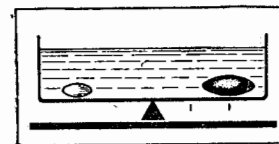


Рис. 14.5

массой $m_1 = 500$ г, а в левую — кусок свинца массой $m_2 = 400$ г. Какая часть сосуда перетянет?

14.7. Шар и полый, открытый с одного конца цилиндр, изготовленные из стали, подвешены к концам рычага и погружены в воду (рис. 14.6). При этом рычаг находится в равновесии. Нарушится ли равновесие рычага, если их погрузить: а) на меньшую глубину; б) на большую глубину?

14.8. К доске, лежащей на опорах A и B , приложены силы F_1 и F_2 (рис. 14.7). Изменится ли прогиб доски, если эти силы заменить одной силой $R = F_1 + F_2$?

14.9. Двум товарищам нужно перейти траншею, на дне которой находится вода. Они стоят на противоположных сторонах траншеи, и у каждого из них имеется доска, длина которой немного меньше ширины траншеи. Как им следует поступить, чтобы с помощью имеющихся у них досок осуществить переход?

14.10. Массивную дверь ребенок может закрыть, а открыть ее ему бывает не под силу. Почему?

14.11. Как легче сдвинуть с места груженую телегу: прилагая силу к корпусу телеги или к верхней части обода колеса ее?

14.12. Брусочки сдвигают с места рычагом (рис. 14.8). Какой из брусочков сдвинется с места, если масса их одинакова?

14.13. Прямой кусок проволоки массой 200 г подвешен на нити за середину и находится в равновесии. Левый конец куса согнули в средней части так, что он составил прямой угол с другой частью

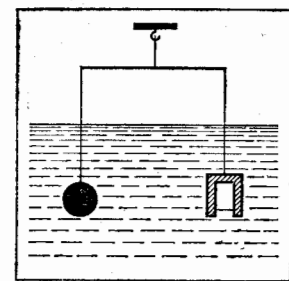


Рис. 14.6

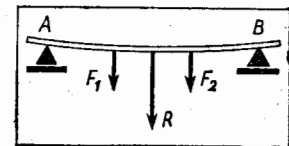


Рис. 14.7

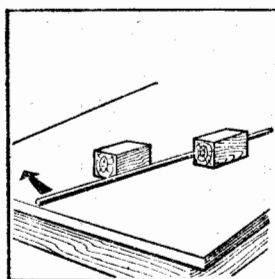


Рис. 14.8

проволоки. Какую силу нужно приложить к правому концу проволоки, чтобы восстановить равновесие?

✓ 14.14. Прямой кусок проволоки массой 200 г подвешен на нити за середину и находится в равновесии. Левый конец куска согнули пополам так, что он расположился параллельно другой части проволоки и конец его совпадает с точкой подвеса. Какую силу нужно приложить к правому концу проволоки, чтобы

восстановить равновесие?

14.15. Палка шарнирно укреплена за верхний конец и наполовину погружена в воду (рис. 14.9). Какую плотность имеет вещество палки?

✓ 14.16. Стержень с прикрепленным на одном конце его грузом массой 120 г находится в равновесии в горизонтальном положении, если его подпереть в точке, отстоящей на расстоянии, равном $\frac{1}{5}$ длины стержня. Чему равна масса стержня?

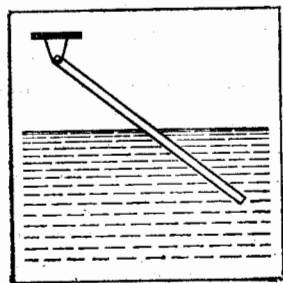


Рис. 14.9

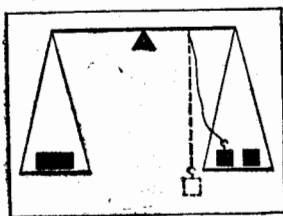


Рис. 14.10

✓ 14.17. К концам равноплечего рычага подвешены чашки от весов. На правую чашку поставили два одинаковых груза и уравновесили их грузом на другой чашке весов. Один из грузов привязан нитью к середине правого плеча рычага, и нить не натянута (рис. 14.10). Нарушится ли равновесие рычага, если груз, к которому привязана нить, будет снят с чашки и нить, натянувшись, займет вертикальное положение (на рисунке показано пунктиром)?

14.18. На равноплечем рычаге справа подвешен сосуд с водой, слева — груз. В сосуде плавает дощечка с грузом. Когда эта дощечка с грузом находится в сере-

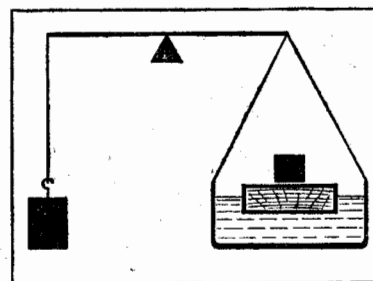


Рис. 14.11

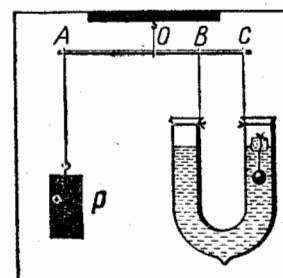


Рис. 14.12

дине сосуда (рис. 14.11), рычаг уравновешен. Будет ли нарушаться равновесие рычага, если дощечка с грузом медленно переместится: а) к левой стенке сосуда; б) к правой?

14.19. К равноплечему рычагу в точках B и C подвешены одинакового сечения сообщающиеся сосуды, частично заполненные водой. В правом сосуде плавает пробка, к которой привязан стальной шарик (рис. 14.12). В точке A подвешен груз P , который уравновешивает рычаг. Нарушится ли равновесие рычага, если пробку с шариком перенести из правого сосуда в левый?

14.20. К равноплечему рычагу в точках B и C подвешены одинакового сечения сообщающиеся сосуды, частично заполненные водой. В правом сосуде плавает пробка, к которой привязан свинцовый шарик (см. рис. 14.12). В точке A подвешен груз P , который уравновешивает рычаг. Нарушится ли равновесие рычага, если нить, удерживающая шарик, оборвется?

✓ 14.21. Как надо соединить подвижные и неподвижные блоки, используя их минимальное число, чтобы получить выигрыш в силе в 3 раза? (Трением и весом блоков пренебречь.)

✓ 14.22. Как надо соединить подвижные и неподвижные блоки, используя минимальное число их, чтобы получить выигрыш

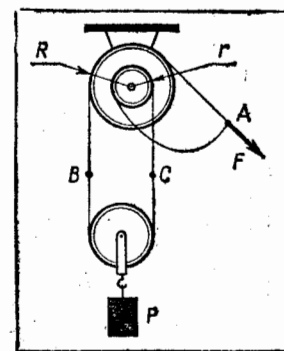


Рис. 14.13

$$14.22 \quad v_B = \omega \cdot R, \quad \omega \cdot r \Rightarrow v_C = v_B \cdot \frac{r}{R}$$

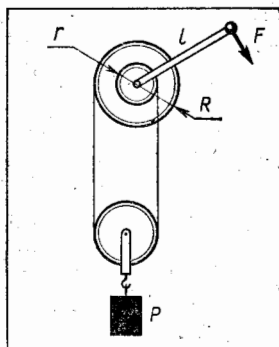


Рис. 14.14

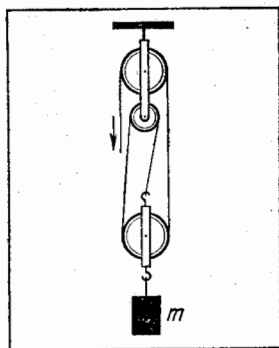


Рис. 14.15

в силе в 5 раз? (Трением и весом блоков пренебречь.)

14.23. Для облегчения подъема грузов часто применяют приспособление, схематически показанное на рисунке 14.13. Верхние блоки один относительно другого неподвижны. Цепочка, соединяющая блоки, не проскальзывает. Какую силу F надо приложить к цепочке, чтобы груз находился в равновесии? Верхние блоки имеют радиусы соответственно R и r . Весом нижнего блока и трением пренебречь.

14.24. Для облегчения подъема грузов часто применяют ворот, состоящий из двух валов, неподвижно закрепленных на одной оси. При работе такого ворота трос (или цепочка), сматываясь с одного вала, одновременно наматывается на другой вал (рис. 14.14). Какую силу F нужно приложить к рукоятке ворота, чтобы груз находился в равновесии? Весом блока и трением пренебречь.

14.25. Определите силу, действующую в точке закрепления блоков к потолку, если груз массой $m=75$ кг, подвешенный к блоку (рис. 14.15), удерживается на весу человеком, который тянет за веревку вертикально вниз.

14.26. Для того чтобы провод трамвайной линии всегда был натянут, конец провода прикрепил к столбу так, как показано на рисунке 14.16. Масса одного груза $m=100$ кг. Столб стоит в бетонном цилиндрическом колодце. Определите силы, которые действуют на столб в точках A и B . $H=10$ м, $AB=1,6$ м.

14.27. На левой чашке весов стоит сосуд с водой, ко дну которого прикреплен блок. На правой — штатив, к перекладине которого на невесомой нити подвешен груз массой $m=50$ г. Когда груз находится в точке A , весы уравновешены (рис. 14.17). Нарушится ли равновесие весов, если нить удлинить так, как показано на рисунке пунктиром? Плотность груза $\rho = 1/2\rho_{\text{в}}$, где $\rho_{\text{в}}$ — плотность воды.

14.28. Груз весит 100 н. Определите: 1) Какую силу надо приложить к концу веревки в точке A (рис. 14.18), чтобы равномерно поднять груз на некоторую высоту, если не учитывать трения и веса блоков? 2) Какую силу надо приложить в точке A , если сила трения в каждом из блоков одинакова и равна 0,25 н? 3) На какую высоту поднимется груз, если блок 3 поднялся на высоту 1 м? 4) Какую мощность надо развить силой, действующей в точке A , чтобы груз поднялся на высоту 0,25 м, если подъем длился 1 сек (без учета трения)? 5) Чему равен к.п.д. установки?

14.29. С какой силой человек должен тянуть веревку, чтобы удержать платформу, на которой он стоит (рис. 14.19), если его масса 60 кг, а масса платформы 30 кг? С какой силой давит человек на платформу? Какую максимальную массу должна иметь платформа, чтобы человек еще мог ее удержать?

14.30. Груз массой 200 кг поднимают с помощью системы блоков (рис. 14.20). Какую силу надо приложить к концу веревки в точке A , чтобы можно было осуществить равномерный подъем груза? (Трением пренебречь.)

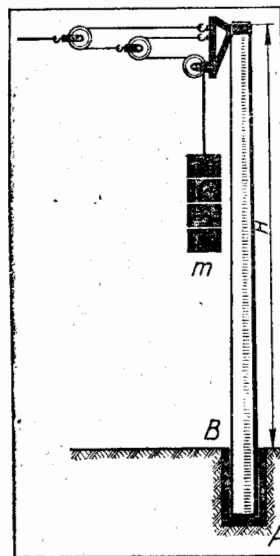


Рис. 14.16

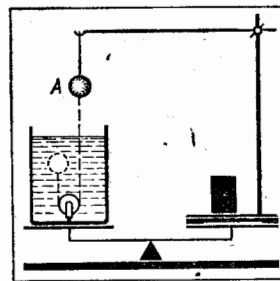


Рис. 14.17

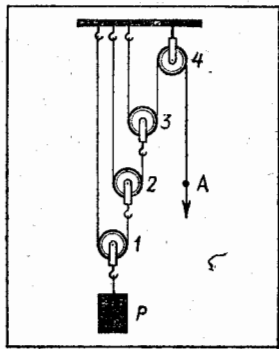


Рис. 14.18

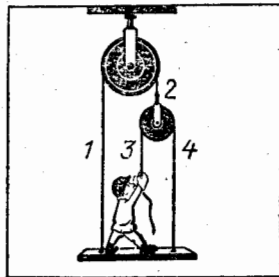


Рис. 14.19

14.31. Равноплечий рычаг, насаженный с некоторым трением на ось O , под действием груза P удерживается в горизонтальном положении (а) (рис. 14.21). (При незначительном увеличении груза P равновесие рычага нарушается.) Останется ли рычаг в вертикальном положении (б), если его расположить так, как показано на рисунке пунктиром?

14.32. Подъемный кран приподнял рельс, лежащий горизонтально на земле, за один конец в течение 3 сек. Определите полезную работу, если масса рельса 1000 кг, а скорость поднятия его 30 м/мин.

14.33. Балка массой 1200 кг и длиной 3 м лежит на опорах, равноудаленных от ее концов. Расстояние

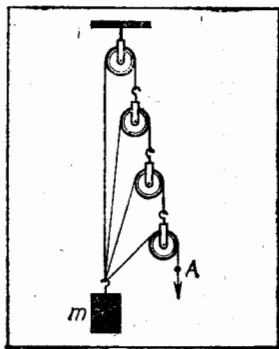


Рис. 14.20

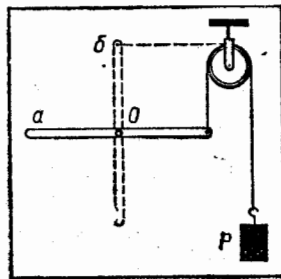


Рис. 14.21

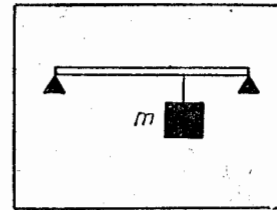


Рис. 14.22

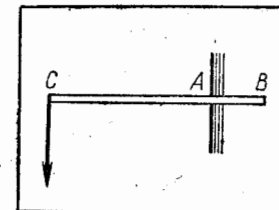


Рис. 14.23

между опорами 2 м. Какую силу, перпендикулярную балке и направленную вертикально вверх, нужно приложить, чтобы приподнять балку за один из ее краев?

14.34. Однородная балка длиной 6 м своими концами опирается на две опоры. К балке на расстоянии 2 м от правого конца подвешен груз массой $m=750$ кг (рис. 14.22). Масса балки 120 кг. С какой силой давит балка с грузом на правую опору?

14.35. Стальной стержень массой 6 кг заделан одним концом в стену и опирается в точках A и B (рис. 14.23), на другом конце в точке C подвешен груз массой 36 кг. Считая, что вся нагрузка воспринимается опорами A и B , определите силы давления в этих опорах, если длина стержня 80 см, а длина выступающей части 60 см.

14.36. Вал массой 80 кг лежит на двух опорах, расстояние между которыми $AB=1$ м (рис. 14.24), и выступает за опору на 0,6 м. Посредине между опорами на вал насажен маховик массой 240 кг, а на выступающем конце — шкив массой 30 кг. Определите силы давления на опоры.

14.37. Ящик в форме куба, заполненный песком, имеет массу

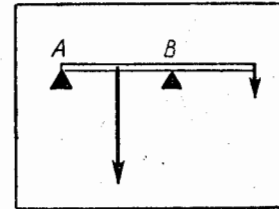


Рис. 14.24

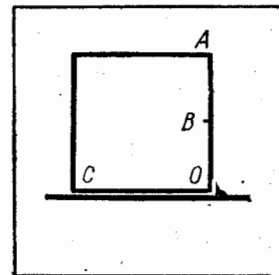


Рис. 14.25

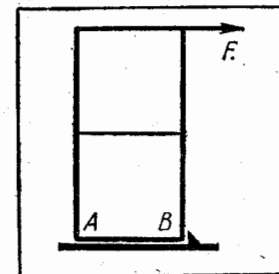


Рис. 14.26

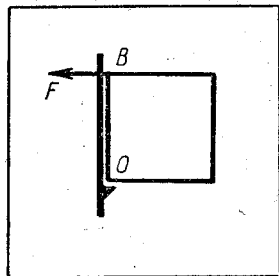


Рис. 14.27

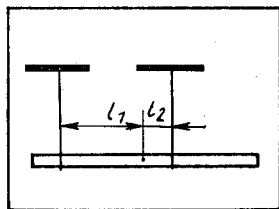


Рис. 14.28

750 кг. В точке O (рис. 14.25) ящик опирается об уступ в полу. Какой величины силу, направленную горизонтально слева направо, надо приложить в точке A ; в точке B , чтобы приподнять край ящика C ? (Высотой уступа пренебречь, $AB=BO$.)

14.38. Два куба с ребром 20 см спаяны гранями и образуют призму. Масса одного куба 4 кг, другого 12 кг. Призма стоит на горизонтальной плоскости и в точке B опирается об уступ (рис. 14.26). Какую горизонтально направленную силу F нужно приложить к верхнему основанию призмы, чтобы приподнять край куба A ? Зависит ли сила от того, находится ли сверху легкий куб или тяжелый? (Высотой уступа пренебречь.)

14.39. Дверь высотой 2 м и шириной 1 м подвешена на двух петлях, находящихся на расстоянии 10 см каждая от верхнего и нижнего краев двери. Масса двери 36 кг. С какой силой дверь тянет верхнюю петлю в горизонтальном направлении?

14.40. Сплошное однородное тело в форме куба опирается ребром на выступ O в вертикальной стене. Масса тела 100 кг. Какую силу F (направленную горизонтально) следует приложить в точке B (рис. 14.27), чтобы удержать куб у стены в таком положении? Изменится ли величина этой силы, если ребро куба увеличить

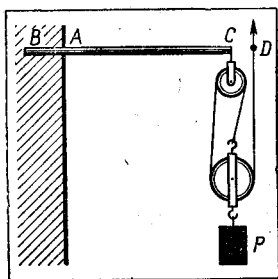


Рис. 14.29

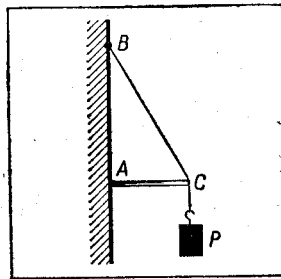


Рис. 14.30

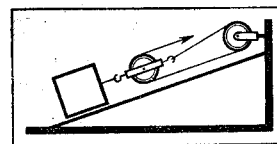


Рис. 14.31

в 2 раза? (Размерами уступа пренебречь.)

14.41. Балка массой $m=140$ кг подвешена на двух канатах (рис. 14.28). Определите натяжение канатов, если $l_1=3$ м и $l_2=1$ м.

14.42. Стальная труба длиной 1 м заделана в стене на глубину 20 см. К свободному концу трубы в точке C подвешены неподвижный и подвижный блоки (рис. 14.29). Чему равны силы, действующие на стену в точках A и B , если для удержания груза P необходимо в точке D приложить силу 200 н? (Трением в блоках пренебречь, блоки и трубу считать невесомыми.)

14.43. Веревка с грузом P привязана к стене в точке B . С помощью дощечки AC веревка отведена от стены и образует угол 30° . При этом дощечка занимает горизонтальное положение и удерживается трением (рис. 14.30). $BC=1,6$ м. Когда на дощечку на расстоянии $1/5$ ее длины от стены кладут груз, масса которого лишь немного превышает 2 кг, дощечка проскальзывает у стены и падает. (Дощечку считать невесомой). Чему равна сила трения между дощечкой и стеной?

14.44. Определите к.п.д. установки (рис. 14.31). Масса груза 360 кг, длина наклонной плоскости 4,5 м; высота 1,5 м; сила трения в блоках составляет 50 н, сила трения между грузом и наклонной плоскостью — 1,65 кН.

14.45. В установке, изображенной на рисунке 14.32, а, динамометр показывает, что натяжение нити

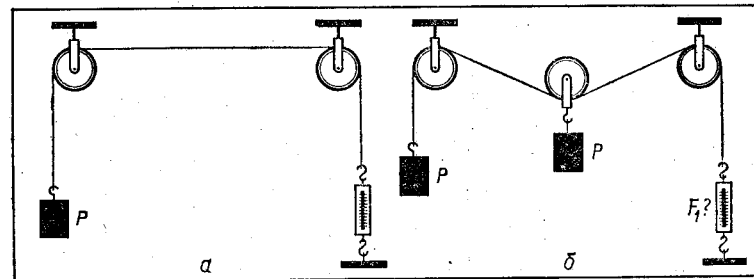


Рис. 14.32

$F = P = 5$ н. Если на нить, расположенную горизонтально, поместить невесомый подвижный блок с таким же грузом, то система примет вид, показанный на рисунке 14.32, б. Какое значение силы F_1 показывает динамометр? (Трением в блоках и их весом пренебречь.)

15. ТЕПЛОПЕРЕДАЧА И РАБОТА

15.1. Тетерев зимой, отправляясь ко сну, камнем падает с дерева и застревает в снегу. Что произошло с потенциальной энергией птицы?

15.2. В одном из двух одинаковых полых стеклянных шаров создан вакуум, а в другом имеется воздух. Как, не используя никакие измерительные приборы, определить, в каком из шаров воздух?

15.3. Одну из двух одинаковых чашек заполнили чаем слабо заваренным, другую — круто. Температура чая в чашках одинакова и равна 50°C . Чашки оставили на столе, и чай в них охлаждается до комнатной температуры. В какой из чашек чай охладится быстрее?

15.4. Сплошной цилиндр из чугуна хорошо прогрет в кипящей воде. Когда он быстрее охладится до комнатной температуры: если его поставить на стол вертикально (рис. 15.1, а) или положить (рис. 15.1, б)? Диаметр основания цилиндра равен его высоте.

15.5. В один сосуд налита кипяченая вода, в другой — сырая. Как определить, в каком сосуде какая находится вода?

15.6. В двух одинаковых запаянных с обоих концов узких трубках имеется капля ртути. В одной из трубок воздух отсутствует. Трубки лежат на горизонтальной поверхности, и капельки ртути в них расположены посередине. Как, не прикасаясь к трубкам, определить, в какой из них нет воздуха?

15.7. В двух одинаковых помещениях на полу стоит свеча. Температура в одном помещении — 20°C , в другом $+20^\circ\text{C}$. Свечи одновременно зажгли. Какая из свечей сгорит быстрее?

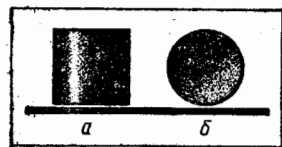


Рис. 15.1

15.8. Известно, что для кипения жидкости необходимо все время сообщать определенное количество теплоты. Объясните, откуда берется энергия, поддержи-

вающая кипение воды в кофейнике в течение нескольких секунд после снятия кофейника с кипящей водой в нем с плиты.

15.9. Теплотворность сосновых дров несколько выше, чем березовых. Почему же выгоднее купить кубометр березовых дров, а не сосновых? (Цена дров одинакова.)

15.10. Необходимо побыстрее охладить бутылку с лимонадом. Куда для этого следует поместить бутылку: в снег или в измельченный лед, если температура их одинакова?

15.11. Изменится ли потенциальная энергия медного шара, лежащего на горизонтально расположенной поверхности стола, если повысить его температуру?

15.12. Стальной ударник пневматического молотка массой $1,2$ кг во время работы в течение $1,5$ мин нагрелся на 20°C . Полагая, что на нагревание ударника пошло 40% всей энергии молотка, определите произведенную работу и мощность, развиваемую при этом.

15.13. Кусок алюминия и кусок свинца упали с одинаковой высоты. Какой из металлов при ударе в конце падения будет иметь более высокую температуру? Во сколько раз? (Считать, что вся энергия тел при падении пошла на их нагревание.)

15.14. На какую высоту можно было бы поднять гирю массой 1 кг за счет энергии, которая выделяется при охлаждении до 0°C стакана кипятка объемом $V = 196$ см³?

15.15. Электрическая лампочка мощностью $N = 60$ вт опущена в прозрачный калориметр, содержащий $m = 600$ г воды. За 5 мин вода нагрелась на $\Delta t = 4^\circ\text{C}$. Какую часть энергии, потребляемой лампочкой, калориметр пропускал наружу в виде излучения?

15.16. В ущелье с высоты 250 м падает камень. Вследствие трения о воздух и удара о землю камень нагревается на $1,5^\circ\text{C}$. Определите удельную теплоемкость камня, считая, что 50% энергии камня расходуется на его нагревание.

15.17. Сравните температуру воды у основания водопада с ее температурой у его вершины. Высота водопада 60 м. Считать, что вся энергия падающей воды идет на ее нагревание.

15.18. В каком отношении надо взять объемы свинца и олова, чтобы их теплоемкости были одинаковы?

15.19. Двигатель мощностью 75 вт в течение 5 мин вращает лопасти винта внутри калориметра, в котором находится 5 кг воды. Вследствие трения о воду лопастей винта вода нагревается. Считая, что вся выделенная при трении теплота пошла на нагревание воды, определите, на сколько градусов она нагрелась.

15.20. Двигатель мощностью 15 кВт потребляет 15 кг нефти в час. Определите к.п.д. машины.

15.21. У поверхности воды мальчик выпускает камень, и он опускается на дно пруда на глубину $H=5$ м. Какое количество теплоты выделится при падении камня, если его масса $m=500$ г, а объем $V=200$ см³?

15.22. Автомобиль прошел 300 км со средней скоростью 72 км/ч. При этом было израсходовано 70 л бензина. К.п.д. двигателя автомобиля 25%. Какую среднюю мощность развивал двигатель автомобиля во время пробега?

15.23. Некоторая установка, развивающая мощность 30 кВт, охлаждается проточной водой, текущей по спиральной трубке сечением 1 см². При установившемся режиме проточная вода нагревается на $\Delta t=15^\circ\text{C}$. Определите скорость течения воды, предполагая, что вся энергия, выделяющаяся при работе установки, идет на нагревание воды.

16. ИЗМЕНЕНИЕ АГРЕГАТНЫХ СОСТОЯНИЙ ВЕЩЕСТВА

16.1. Температура плавления стали 1400°C . При сгорании пороха в канале ствола орудия температура достигает 3600°C . Почему ствол орудия не плавится при выстреле?

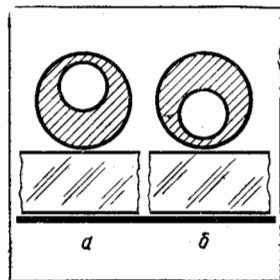


Рис. 16.1

16.2. Металлический цилиндр с продольной полостью в нем, хорошо прогретый в кипящей воде, кладут на поверхность льда (рис. 16.1, а, б). В каком случае (а или б) под цилиндром, когда он полностью остынет, образуется большая лунка? Принять, что цилиндр не поворачивается, а может смещаться лишь книзу.

16.3. Если в воду при 0°C бросить кусок льда при -22°C ,

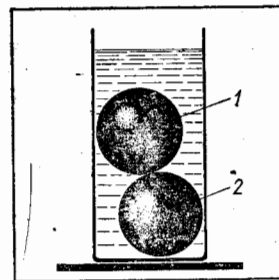


Рис. 16.2

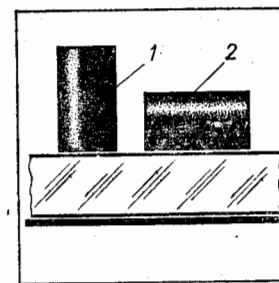


Рис. 16.3

произойдет заметное увеличение массы льда. Процесс кристаллизации воды сопровождается выделением значительного количества теплоты. Почему же при этом вода не нагревается?

16.4. В сосуд с водой помещены стальные шары одинаковой массы (рис. 16.2). После длительного кипячения воды сосуд сняли с плиты, воду из него вылили, а шары положили на лед. Под каким из шаров больше расплавилось льда?

16.5. Два одинаковых сплошных цилиндра из чугуна хорошо прогрели в кипящей воде и затем поставили на поверхность льда (рис. 16.3). Под каким из цилиндров больше расплавится льда?

16.6. В теплой комнате поставили два одинаковых сосуда с одинаковым количеством воды в них. В одном сосуде вода находится при температуре 0°C , в другом — при 8°C . В сосуды опустили одинаковые куски льда при 0°C . Покажите графически, как будут изменяться уровни воды в сосудах при изменении температуры воды в них.

16.7. У железа или стали удельная теплоемкость значительно больше, чем у меди. Почему же паяльники делают из меди, а не из стали или железа?

16.8. На улице целый день моросит холодный осенний дождь. В кухне развесили для просушки выстиранное белье. Быстрее ли оно высохнет, если открыть форточку?

16.9. Закрытый бидон из железа частично заполнен керосином. Предложите один из способов, позволяющих, не пользуясь никакими измерительными приборами (и не

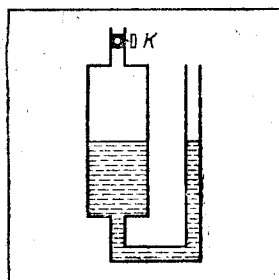


Рис. 16.4

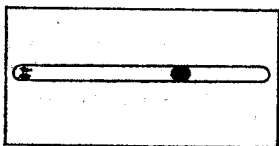


Рис. 16.5

открывая бидон), определить примерный уровень керосина в бидоне.

16.10°. Внутри одного из двух одинаковых шаров из чугуна при изготовлении образовалась полость. Предложите один из способов, основанный лишь на тепловых явлениях, который позволил бы определить, в каком из шаров имеется полость.

16.11. В кастрюле бурно кипит вода, и в ней варятся макароны. Кипит ли вода в трубках макарон?

16.12. На газовой плите с предельно большим пламенем горелки стоит открытая кастрюля с водой, близкой к кипению. Как только выключили газ, над кастрюлей появился обильный пар. Как

этот факт можно объяснить?

16.13. Сообщающиеся сосуды (рис. 16.4) частично заполнили водой и кран *К* закрыли. Через некоторое время обнаружили, что при неизменной температуре окружающего воздуха и воды произошло изменение уровней воды. Какое и почему произошло изменение уровней воды в коленах сообщающихся сосудов?

16.14. Бутылку из пластмассы на $\frac{9}{10}$ ее объема заполнили кипятком и закрыли пробкой. Почему, если воду в бутылке встряхнуть, пробка может вылететь? (Гидравлический удар на пробку отсутствует.)

16.15. В узкой, запаянной с обоих концов трубке воздух откачан. Изменит ли капелька ртути свое положение (рис. 16.5), если правый конец трубки подогреть?

16.16. В двух одинаковых чайниках, поставленных на одинаковые горелки, кипит вода. У одного из них крышка часто подпрыгивает, а у другого остается на своем месте. Почему?

16.17. Можно ли заставить кипеть воду, не нагревая ее?

16.18. Два одинаковых сосуда из полиэтилена заполнили водой при 0°C . Один сосуд поместили в воду при

0°C , другой — в измельченный лед при 0°C . Замерзнет ли вода в каком-нибудь из этих сосудов?

16.19. При изготовлении льда в домашнем холодильнике потребовалось 5 мин, для того чтобы охладить воду от 4 до 0°C , и еще 1 ч 40 мин, для того чтобы она превратилась в лед при 0°C . Чему равна удельная теплота плавления льда?

16.20. В воду массой 1,5 кг положили лед при 0°C . Начальная температура воды 30°C . Сколько нужно взять льда, чтобы он весь растаял?

16.21. В калориметре находятся лед и вода при 0°C . Масса льда и воды одинакова и равна 500 г. В калориметр вливают воду массой 1 кг при температуре 50°C . Какая температура установится в нем?

16.22. В углубление, сделанное во льду, вливают свинец. Сколько было влито свинца, если он остыл до 0°C и при этом растопил 270 г льда? Начальная температура льда 0°C , свинца 400°C .

16.23. В термос с водой поместили лед при температуре -10°C . Масса воды 400 г, масса льда 100 г, начальная температура воды 20°C . Определите окончательную температуру воды в термосе.

16.24. В медном сосуде массой 400 г находится 500 г воды при 40°C . В воду бросили кусок льда при температуре -10°C . Когда установилось тепловое равновесие, остался нерасплавленный лед массой 75 г. Определите начальную массу льда.

16.25. Кусок льда массой 700 г поместили в калориметр с водой. Масса воды 2,5 кг, начальная температура 5°C . Когда установилось тепловое равновесие, оказалось, что лед увеличил свою массу на 64 г. Определите начальную температуру льда.

16.26. В калориметр с водой объемом 1 л опустили мокрый снег. Масса снега 250 г, начальная температура воды 20°C . После плавления снега температура воды в калориметре стала равной 5°C . Сколько воды содержалось в снегу?

16.27. Для опытного определения удельной теплоты парообразования воды сухой пар при 100°C пропустили через воду, налитую в медный калориметр. Масса воды 400 г, масса калориметра 200 г. После этого масса воды в калориметре возросла до 421 г, а температура воды повысилась от 10 до 40°C . Какое значение удельной теплоты парообразования было получено?

16.28. В калориметр, содержащий лед массой 100 г при 0°C , впустили пар при 100°C . Сколько воды окажется в калориметре после того, как весь лед растает?

16.29. Сколько водяного пара при 100°C надо ввести в латунный калориметр массой 100 г, в котором находится 150 г снега при -20°C , для того чтобы весь снег растаял?

16.30. На зимней дороге при температуре снега -10°C автомобиль в течение 1 мин 6 сек буксует, развивая мощность 12 квт. Сколько снега растает при буксовании автомобиля, если считать, что вся энергия, выделившаяся при буксовании, идет на нагревание и плавление снега?

16.31. В сосуде, из которого быстро откачивают воздух, находится небольшое количество воды массой m при 0°C . В результате интенсивного испарения происходит замораживание воды. Какая часть m_1 первоначального количества воды обратилась в лед?

16.32. Космонавт, находясь на поверхности Луны, вскрыл ампулу, заполненную водой. Опишите поведение воды.

16.33. До какой температуры следует нагреть кубик из железа, чтобы он полностью погрузился в лед? Начальная температура льда 0°C .

17. ЭЛЕКТРОСТАТИКА

17.1. На тонких шелковых нитях подвешены две одинаковые легкие бумажные гильзы, одна из них заряжена, другая — нет. Как определить, какая из них заряжена, если не даны никакие приборы и материалы?

17.2. Две одинаковые легкие гильзы из фольги подвешены на шелковых нитях равной длины в одной точке. После того как гильзам сообщили заряды одинакового знака, они удалились одна от другой (при этом нити между собой образовали некоторый угол). Что произойдет, если одну из гильз разрядить?

17.3. На тонких шелковых нитях, укрепленных в одной точке, подвешены одинаковые легкие бумажные гильзы, заряженные электричеством одного знака, но величина заряда на одной из них больше, чем на другой. Одинаково ли гильзы отклоняются от вертикали, проходящей через точку подвеса?

17.4. Два одинаковых металлических цилиндра стоят на изолирующей подставке. Как получить на них заряды,

одинаковые по величине и знаку? Цилиндры полые, открытые с обоих концов.

17.5. На изолирующей подставке укреплен стержень, на котором находится заряженный шарик, накрытый опрокинутым вверх дном металлическим цилиндром так, что шарик находится в центре цилиндра. Можно ли определить знак заряда шарика, не снимая цилиндра и не касаясь его?

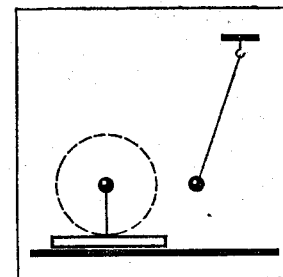


Рис. 17.1

17.6. На изолирующей подставке укреплен заряженный шарик. К нему притягивается другой легкий шарик, подвешенный на шелковой нити (рис. 17.1). Изменится ли расстояние между шариками, если заряженный шарик окружить металлической сферой так, что он будет находиться в центре сферы (на рисунке сфера показана пунктиром)?

17.7. Изменится ли расстояние между шариками (см. предыдущую задачу), если металлическую сферу, окружающую заряженный шарик, заземлить?

17.8. Как с помощью отрицательно заряженного металлического шарика зарядить положительным зарядом другой такой же шарик, не изменяя заряда первого шарика?

17.9. Как с помощью отрицательно заряженного металлического шарика зарядить отрицательным зарядом другой такой же шарик, не изменяя заряда первого шарика?

17.10. Можно ли, имея в своем распоряжении два металлических шарика, из которых лишь один заряжен, сообщить полюсу металлическому цилиндру заряд, больший, чем заряд на шарике?

17.11. Отклонятся ли листочки электроскопа, если заряд сообщить не стержню, а металлической оправе? (Электроскоп расположен на изолирующей подставке.)

17.12. На столе на изолирующей подставке стоит заряженный электроскоп. Чтобы разрядить его, девочка положила на головку электроскопа ладонь. Однако при этом оказалось, что листочки отклонились еще больше, вместо того чтобы приблизиться друг к другу. Почему это произошло?

17.13°. Электроскоп с разведенными листочками стоит на изолирующей подставке. Когда мальчик дотронулся до головки электроскопа пальцами, листочки опали. Однако, когда он отстранил руку, листочки вновь разошлись. Почему?

17.14°. У вас есть эбонитовая пластинка, металлическая пластинка несколько меньших размеров на изолирующей палочке и кусочек сукна. Можно ли с помощью

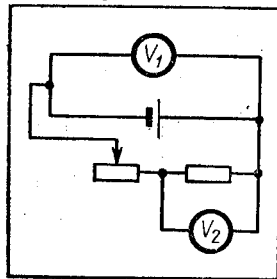


Рис. 18.1

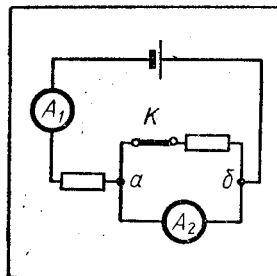


Рис. 18.2

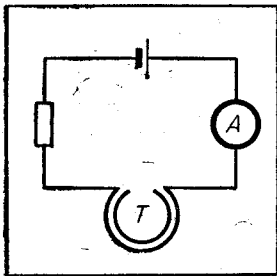


Рис. 18.3

этих предметов зарядить электроскоп положительным зарядом, не касаясь головки и корпуса электроскопа?

17.15°. В стакан с водой поместили стальную булавку так, что она плавает. Куда будет перемещаться булавка, если к ней поднести наэлектризованную эбонитовую палочку?

18. ТОК. НАПРЯЖЕНИЕ. СОПРОТИВЛЕНИЕ ПРОВОДНИКОВ

18.1°. Две разнородные металлические пластинки, опущенные в водный раствор соли, щелочи или кислоты, всегда образуют гальванический элемент. Можно ли получить гальванический элемент из двух одинаковых металлических пластинок, но погруженных в различные растворы?

18.2°. Что произойдет с листочками электроскопа, если его головки коснуться отрицательным полюсом батарейки от карманного фонаря?

18.3. Последовательно с аккумулятором соединили лампочку и амперметр и замкнули эту цепь концами проводников, опущенных в водный раствор медного купороса. Изменится ли показание амперметра, если раствор подогреть?

18.4. Как будут изменяться показания приборов (рис. 18.1), если ползунок реостата перемещать влево?

18.5. Как изменятся показания амперметров (рис. 18.2), если разомкнуть ключ K ?

18.6. В цепь (рис. 18.3) включена открытая, изогнутая металлическая трубка T . Как изменится показание амперметра, если трубку заполнить водным раствором медного купороса?

18.7. Начертите схемы возможных соединений из трех сопротивлений, каждое из которых равно r . Определите сопротивление полученных соединений.

18.8. Начертите схемы возможных соединений из четырех одинаковых сопротивлений, каждое из которых равно r . Определите сопротивление полученных соединений.

18.9. Цепь составлена из сопротивлений r_1 и r_2 (рис. 18.4); $r_2 = 2r_1$. Сравните сопротивление этой цепи, если источник тока подключается: 1) к точкам A и C , 2) к точкам B и D .

18.10. Четыре одинаковых сопротивления ученик включил в цепь так, как показано на рисунке 18.5. Какое он получил сопротивление между точками A и B ? (Сопротивлением соединительных проводников можно пренебречь).

18.11. Каждое из сопротивлений, включенных в цепь (рис. 18.6), равно 30 ом . Определите сопротивление этой цепи. (Сопротивлением соединительных проводников можно пренебречь.)

18.12. Сопротивления $r_1 = 6 \text{ ом}$, $r_2 = 12 \text{ ом}$ и $r_3 = 36 \text{ ом}$ соединили последовательно. Затем начало сопротивления r_1 соединили проводником с точкой, лежащей между сопротивлениями r_2 и r_3 , а конец сопротивления r_3 — с точкой между сопротивлениями r_1 и r_2 . Начертите схему по-

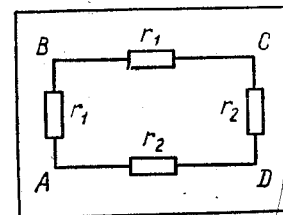


Рис. 18.4

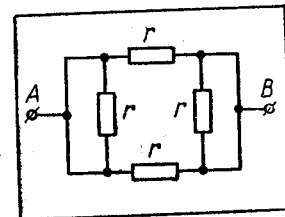


Рис. 18.5

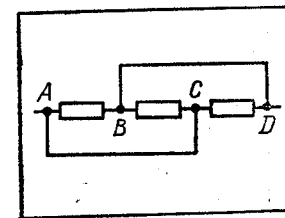


Рис. 18.6

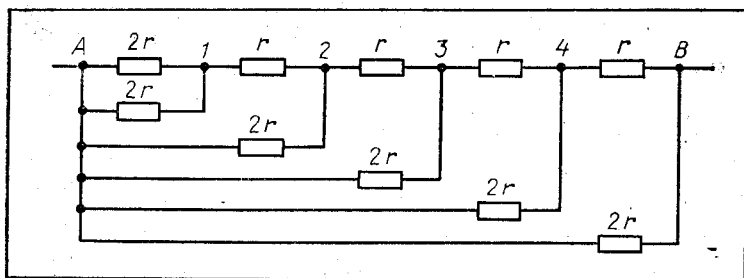


Рис. 18.7

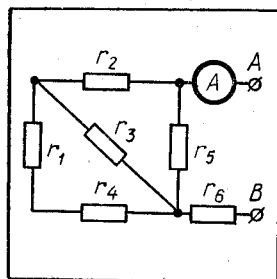


Рис. 18.8

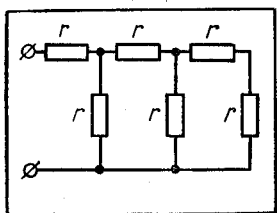


Рис. 18.9

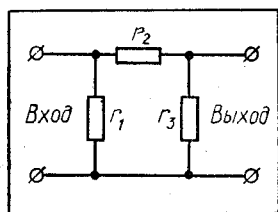


Рис. 18.10

лученного соединения и определите, чему стало равно сопротивление цепи. (Сопротивлением соединительных проводников пренебречь.)

18.13. Чему равно сопротивление цепи между точками A и B (рис. 18.7)? (Сопротивлением соединительных проводников пренебречь.)

18.14. Какое минимальное количество сопротивлений по 20 ом каждое следует взять и как их соединить, чтобы получить сопротивление 12 ом ?

18.15. Что показывает амперметр, если к точкам A и B цепи (рис. 18.8) подведено напряжение 220 в ? $r_1=15 \text{ ом}$; $r_2=2 \text{ ом}$; $r_3=r_4=5 \text{ ом}$; $r_5=3 \text{ ом}$; $r_6=38 \text{ ом}$. (Сопротивлением соединительных проводников пренебречь.)

18.16. Определите сопротивление цепи (рис. 18.9), если $r=1 \text{ ом}$.

18.17. Если в цепи параллельно проводнику сопротивлением $r_1=120 \text{ ом}$ подключить проводник сопротивлением r_2 , то сила тока в первом проводнике уменьшится в 6 раз. Какое сопротивление r_3 надо включить последова-

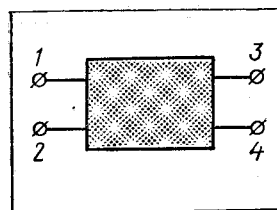


Рис. 18.11

тельно с образовавшимся разветвлением, чтобы общее сопротивление осталось без изменения? (Сопротивлением подводящих проводников пренебречь.)

18.18. Если на вход электрической цепи (рис. 18.10) подать напряжение 100 в , то напряжение на выходе оказывается равным 30 в . Амперметр с очень малым

внутренним сопротивлением, присоединенный к выходу цепи, показывает ток 1 а . Если напряжение 100 в подать на выход цепи, то напряжение на входе будет равно 15 в . Определите величины сопротивлений r_1 , r_2 и r_3 .

18.19°. В «черном ящике» (рис. 18.11) находится простейшая электрическая схема. Определите, что это за схема, используя вольтметр с пределом измерения до 6 в и батарейку для карманного фонаря.

18.20°. У вас имеется амперметр, вольтметр, источник тока и неизвестное сопротивление. Как можно определить величину сопротивления с наибольшей точностью?

18.21. В цепи (рис. 18.12) $r_1=r_4=r_6=6 \text{ ом}$, $r_2=9 \text{ ом}$, $r_3=3 \text{ ом}$, $r_5=4 \text{ ом}$. Что будет показывать амперметр, если цепь включить под напряжение 6 в ? (Сопротивлением амперметра пренебречь.)

19. РАБОТА И МОЩНОСТЬ ТОКА

19.1. Чтобы вскипятить воду в чайнике, в нее можно опустить электрический кипятильник мощностью 500 вт или мощностью 1 квт . Каким из кипятильников следует воспользоваться, чтобы затратить меньше электроэнергии?

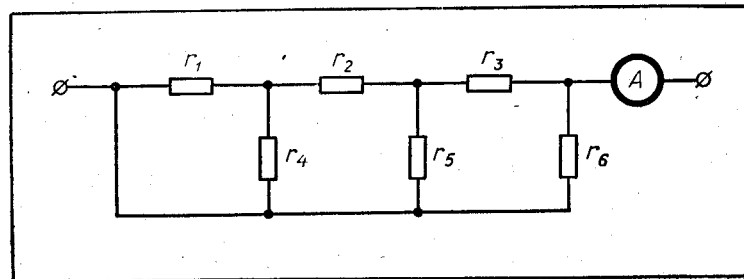


Рис. 18.12

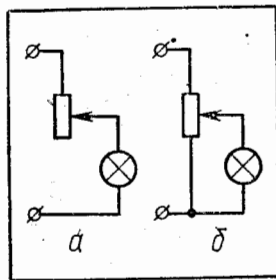


Рис. 19.1

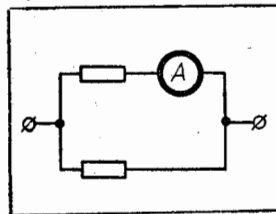


Рис. 19.2

19.2. Для того чтобы включить лампу в сеть, напряжение которой больше напряжения, на которое рассчитана лампа, можно воспользоваться одной из схем, изображенных на рисунке 19.1, а, б. У какой из этих схем коэффициент полезного действия выше, если в каждом случае лампа работает в нормальном режиме?

19.3. Можно ли включить в сеть с напряжением 220 в последовательно две лампы одинаковой мощности, рассчитанные на напряжение 110 в?

19.4. Можно ли включить в сеть с напряжением 220 в последовательно две лампы разной мощности, рассчитанные на напряжение 110 в?

19.5. Одинаковые сопротивления включены в сеть так, как показано на рисунке 19.2. Какое из сопротивлений потребляет больше электроэнергии?

19.6. Имеется пять электрических лампочек на 110 в мощностью 40, 40, 40, 60 и 60 вт. Как следует включить их в сеть с напряжением 220 в, чтобы все они работали в нормальном режиме?

19.7. Две электрические плитки включены в сеть параллельно. Сопротивление первой плитки 60 ом, второй — 24 ом. Какая из плиток потребляет большую мощность и во сколько раз?

19.8. Электроплитку мощностью 360 вт и электроплитку мощностью 500 вт включили в сеть, соединив их последовательно. В какой из плиток выделится большее количество теплоты?

19.9. Половину спирали от электрической плитки растянули и спираль включили в сеть. Будут ли отличаться показания вольтметра, измеряющего напряжение на растянутой части спирали, от показаний вольтметра, измеряющего напряжение на нерастянутой части ее?

19.10. Три электрические лампочки, из которых одна на 50 вт и две по 25 вт, рассчитанные на напряжение 110 в,

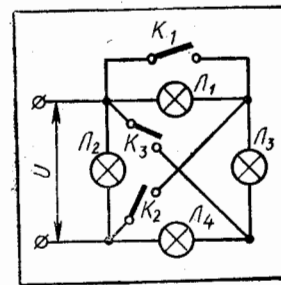


Рис. 19.3

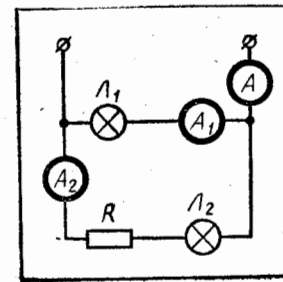


Рис. 19.4

надо включить в сеть с напряжением 220 в так, чтобы каждая из них потребляла установленную мощность. Начертите схему включения и определите силу тока в каждой лампочке.

19.11. Электроплитка с двумя одинаковыми спиралями позволяет получить три степени нагрева в зависимости от порядка и характера включения спиралей. Начертите схемы включения. Сравните количества теплоты, полученные от плитки за одно и то же время.

19.12. Четыре одинаковые лампочки, рассчитанные на 2,5 в, соединены так, как показано на рисунке 19.3. $U = 2,5$ в. Как будет меняться накал лампочек, если поочередно замыкать следующие ключи: 1) K_1 ; 2) K_2 ; 3) K_3 ; 4) K_1 и K_2 ; 5) K_2 и K_3 ; 6) K_1 , K_2 и K_3 — при остальных разомкнутых ключах?

19.13. В сеть с напряжением 120 в включены параллельно две лампочки: L_1 мощностью 300 вт, рассчитанная на напряжение 120 в, и L_2 — 12-вольтовая лампочка, при этом она включена последовательно с сопротивлением R (рис. 19.4). Определите показания амперметров A и A_1 и величину сопротивления R , если амперметр A_2 показывает 2 а.

19.14. Электрические лампочки L_1 , L_2 , L_3 и L_4 мощностью, соответственно равной $P_1=100$ вт, $P_2=50$ вт, $P_3=50$ вт и $P_4=25$ вт, включены в сеть с напряжением 220 в (рис. 19.5). Какая из них будет гореть ярче других? (Лампочки рассчитаны на напряжение в сети.)

19.15. Электрические лампочки L_1 , L_2 , L_3 и L_4 мощностью, соответственно равной $P_1=50$ вт, $P_2=25$ вт, $P_3=100$ вт и $P_4=50$ вт, включены в цепь (рис. 19.6). К клем-

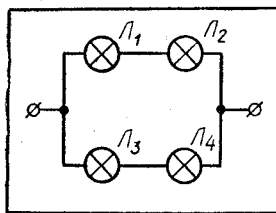


Рис. 19.5

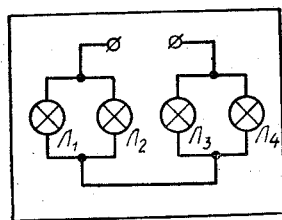


Рис. 19.6

мам подано напряжение, на которое рассчитана каждая из лампочек. В какой из них при протекании тока будет выделяться большее количество теплоты?

19.16. При пропускании тока через раствор медного купороса за 15 мин на катоде выделилось 1,485 г меди. Определите потребляемую мощность, если сопротивление раствора 0,8 ом. (При токе 1 а выделяется в 1 сек 0,33 мг меди.)

19.17. Грузовой трамвайный вагон при токе 110 а и напряжении 600 в развивает силу тяги 3 кн. С какой скоростью он будет двигаться по горизонтальному участку пути, если к. п. д. электроустановки 60%?

19.18. Две лампочки мощностью $P_1=40$ вт и $P_2=60$ вт, рассчитанные на одинаковое напряжение, включены в сеть с тем же напряжением последовательно. Какие мощности они потребляют?

19.19. В электрическом самоваре мощностью $P_1=600$ вт и электрическом чайнике мощностью $P_2=300$ вт при включении в сеть с напряжением $U=220$ в, на которое они рассчитаны, вода закипает одновременно через $t=20$ мин. Через сколько времени закипит вода в самоваре и чайнике, если их соединить последовательно и включить в сеть?

19.20. В одном калориметре находится вода, в другом — жидкость такой же массы. В калориметры погружены одинаковые проволоочки, включенные последовательно в цепь с током. Какую удельную теплоемкость имеет жидкость, если через некоторое время после подключения проволоочек к источнику тока температура воды поднялась на $\Delta t_{\text{в}}=4,25^\circ\text{C}$, а жидкости на $\Delta t_{\text{ж}}=5^\circ\text{C}$?

20. МАГНИТНЫЕ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

20.1. По медной трубе, в направлении ее продольной оси, течет ток. Намагнитится ли стальной стержень, помещенный в эту трубу?

20.2. Медную трубу согнули в кольцо и, обмотав плотными прилегающими друг к другу витками изолированной проволоки, получили замкнутую кольцевую катушку. Пренебрегая толщиной изоляционного слоя проволоки, определите, как должны быть расположены силовые линии магнитного поля этой катушки.

20.3. Известно, что если по двум параллельным проводникам течет ток в одном направлении, то проводники притягиваются друг к другу. Исходя из этого, опишите состояние пружины и электрической цепи (рис. 20. 1) после замыкания ключа. Нижний конец пружины лишь на незначительную глубину погружен в ртуть.

20.4. Магнитная стрелка, расположенная под медным проводником, при пропускании тока по нему отклоняется от своего первоначального положения. Будет ли отклоняться стрелка, если медный проводник заменить водным раствором щелочи, помещенным в тонкую стеклянную трубку?

20.5. На тонкой шелковой нити подвешен легкий шарик, сделанный из сердцевины подсолнечника. Шарик заряжен отрицательно. К шарiku подносят северный полюс полосового магнита. Будет ли шарик взаимодействовать с магнитом?

20.6. Что произойдет с листочками электроскопа, заряженного отрицательным зарядом, если к его головке поднести (не касаясь) северный полюс полосового магнита?

20.7. Когда через стальной немагнитный стержень пропустили большой ток, стержень оказался в сильном собственном магнитном поле. Намагнитился ли от этого стержень?

20.8. К одной из точек на внешней стороне кольца из стальной проволоки был приставлен сильный электромагнит своим северным полюсом, а затем удален. Намагнитилось ли кольцо?

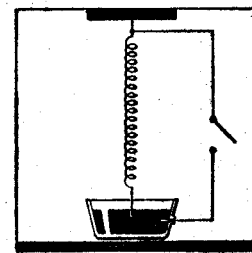


Рис. 20.1

20.9. Тонкая стальная полоса хорошо намагничена, и только к середине ее железные опилки не притягиваются. Полосу сгибают и получают обруч, при этом концы полосы склеивают в торец. Останется ли магнитом полоса, образовавшаяся из обруча, когда его разрезали в том месте, где опилки не притягивались?

20.10. Стальной хорошо отполированный шар имеет идеально круглую форму. Можно ли намагнитить этот шар?

20.11. Имеются две одинаковые стальные спицы, из которых одна намагничена. Как узнать, какая из спиц намагничена, не пользуясь ничем, кроме самих спиц?

20.12. Имеются два одинаковых стальных стержня, один из которых намагничен сильнее другого. Как найти этот стержень?

20.13. Полосовой магнит разделили на две равные части и получили два магнита. Будут ли эти магниты оказывать такое же действие, как и целый магнит, из которого они получены?

20.14. Как надо двигать в магнитном поле Земли медное кольцо, чтобы в нем индуцировался ток?

20.15. Параллельно виткам катушки на тонкой нити подвешено алюминиевое кольцо (рис. 20.2). Если замкнуть ключ, то кольцо отталкивается от катушки. Как объяснить это явление?

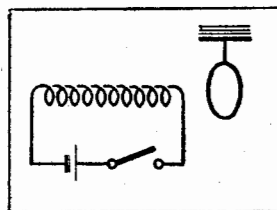


Рис. 20.2

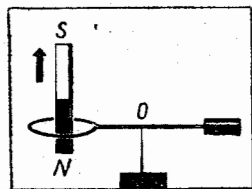


Рис. 20.3

20.16. Две рамки изготовлены из проволоки одинаковой толщины, одна из медной, а другая из стальной, рамки имеют одинаковые размеры. Их поочередно помещают между полюсами сильного электромагнита. Какая рамка требует для своего равномерного вращения в магнитном поле затраты большей энергии? Скорость вращения обеих рамок одинакова.

20.17. Металлическое кольцо, соединенное тонким стержнем с грузом, уравновешено в точке O стержня на острие иглы (рис. 20.3). Почему при удалении северного полюса полосового магнита из кольца равновесие нарушается и кольцо поднимается?

ОТВЕТЫ, УКАЗАНИЯ, РЕШЕНИЯ

1. ИЗМЕРЕНИЯ

1.1. Указание. Достаточно определить примерный диаметр проволоки, тогда $S = \frac{\pi d^2}{4}$. Для определения диаметра проволоки следует намотать как можно больше витков ее (вплотную друг к другу) на карандаш. В качестве «мерной единицы» следует воспользоваться клеточками в тетради (длина клеточки $l = 0,5$ см).

1.2. 0,01 мм.

1.3. 0,0005 мм.

1.4. 40 км².

1.5. График показан на рисунке 1.

1.6. 1000 км.

1.7. $\approx 31,7$ года.

1.8. Решение. Масса фигуры M пропорциональна ее площади (картон одинаков по толщине). С помощью полоски бумаги, как «мерной единицы», следует начертить на фигуре прямоугольник с известными сторонами, вырезать его и определить массу этого прямоугольника m . Площадь всей фигуры S во столько раз больше

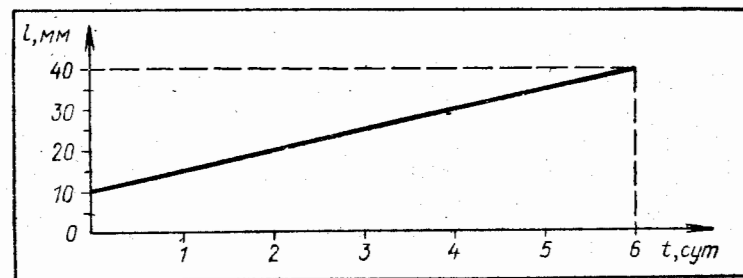


Рис. 1

площади прямоугольника s , во сколько раз масса всей фигуры M больше массы m прямоугольника:

$$S:s = M:m.$$

Отсюда

$$S = s \frac{M}{m}.$$

1.9. Указание. Нужно определить площадь дна у одного из сосудов и проградуировать этот сосуд, нанося деления на приставленном к нему листе бумаги (или полоске ее).

1.10. Указание. Следует налить в сосуд определенный объем воды. Затем медленно погрузить в сосуд стержень так, чтобы он упирался в дно сосуда и был расположен вертикально. Вытащив стержень, нужно измерить длину части его, смоченной водой.

1.11. Указание. Нужно заполнить кастрюлю водой, затем медленно наклонять ее до тех пор, пока она не примет положение, показанное на рисунке 2. Очевидно, в кастрюле останется вода объемом, равным половине объема кастрюли.

1.12. 20 кг.

Решение. Вначале брусок имел объем $V = a^2l$. Затем его объем стал равным $V_1 = \frac{a}{2} \cdot \frac{a}{2} \cdot 2l = \frac{a^2l}{2}$. Так как масса бруска пропорциональна его объему, то масса его уменьшится в 2 раза.

1.13. Решение. Достаточно на чашки весов поместить по три шара. Если весы останутся в равновесии, значит, шар с полостью находится среди оставшихся двух. Поместив один из них на одну чашку весов, а другой на другую, легко установить, какой из них с полостью. Если же шар с полостью находится среди трех шаров, что были положены на весы вначале, тогда один из них следует отложить, а каждый из оставшихся двух шаров поместить на чашки весов. Если весы останутся в равновесии, и в этом случае можно будет утверждать, что отложенный шар с полостью.

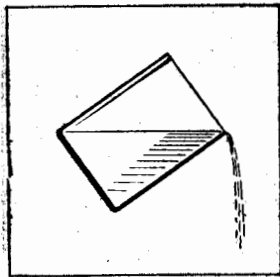


Рис. 2.

1.14. Указание. См. решение задачи 1.13. 1.15. 15'.
1.16. Решение. На одну чашку, например левую, следует поместить гирю, вес которой заведомо больше веса взвешиваемого тела, а на другую — разновески, и с их помощью добиться возможно более точного равновесия весов. Затем на правую чашку (где находятся разновески) поместить взвешиваемое тело, а разновески снимать до тех пор, пока равновесие весов не будет восстановлено. Вес снятых гирь равен весу тела.

1.17. Указание. Основными узлами установки могут быть: сосуд с достаточным количеством воды; водопроводы с запирающимися устройствами; дозаторы и реле времени, источники энергии.

1.18. 30 г. Указание. Высота, длина и ширина каждой детали модели будет уменьшенной в $\frac{536,3 \text{ м}}{0,5363 \text{ м}} = 1000$ раз. Поэтому объем каждой детали будет уменьшенным в $1000 \cdot 1000 \cdot 1000 = 1 \cdot 10^9$ раз.

2. ТЕПЛОВОЕ РАСШИРЕНИЕ ТЕЛ

2.1. Диаметр увеличится. Указание. Представим себе, что диск с отверстием в центре разрезан по диаметрам на очень большое число одинаковых частей. Рассмотрим одну из этих частей диска (рис. 3). При нагревании эта часть диска увеличится в объеме. Это значит, что она станет толще и каждая из ее граней (AB , BC , CD и AD) удлинится. Если после нагревания сложить эти части одну к другой так, чтобы они образовали диск, то сумма длин дуг CD составит длину окружности диска, а сумма длин дуг AB — длину окружности отверстия в нем. Так как длина окружности отверстия увеличилась, то увеличится и диаметр отверстия в центре диска.

2.2. Время увеличится. Указание. При переносе кастрюли из теплого помещения в холодное диаметр отверстия в дне кастрюли уменьшится.

2.3. При любой одинаковой температуре кольца и шарика шарик проходит сквозь кольцо. Нагревание кольца эквивалентно охлаждению шарика. Следовательно, шарик будет проходить сквозь нагретое кольцо.

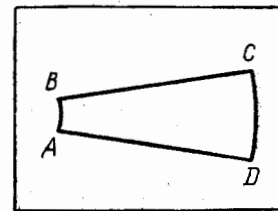


Рис. 3

2.4. На сколько увеличится диаметр шарика, на столько же увеличится диаметр кольца. Следовательно, нагретый шарик свободно будет проходить сквозь нагретое кольцо.

2.5. Не изменится.

2.6. Сместится влево и одновременно вверх под углом 45° к поверхности подставки.

Приведем пример одного из возможных рассуждений при нахождении ответа к этой задаче.

Предположим, что проволоку нагревают по частям: сначала AB и BC , затем CD . Проследим, как в пространстве при этом будет перемещаться конец A (рис. 4). При нагревании участка AB конец A сместится относительно точки B на некоторое расстояние Δl вниз к точке E . При нагревании участка BC точка A относительно точки E сместится на Δl влево и займет положение точки F . При нагревании участка CD конец A сместится вверх (относительно точки F) на $2\Delta l$ и займет положение A_1 . Очевидно, AA_1 есть диагональ квадрата со стороной Δl .

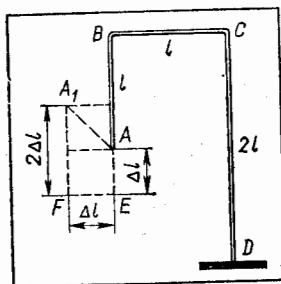


Рис. 4

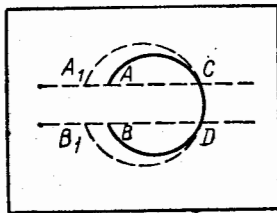


Рис. 5

2.7. Да.

2.8. Да.

2.9. В прохладную, так как в этом случае объем воды уменьшается (вода сжимается) и воздух занимает весь предоставленный ему объем.

2.10. Это расстояние увеличится. Объяснение ответа может быть, например, таким. Проведем две параллельные прямые так, как показано на рисунке 5 пунктиром. После нагревания все точки дуги AC относительно точки C сместятся и точка A займет какое-то положение A_1 . Аналогично точка B займет положение B_1 . Между тем на некоторую величину Δl увеличится длина дуги DC . Поэтому заключаем, что расстояние между точками AB увеличится на столько, на сколько увеличится длина дуги CD .

2.11. Расстояние увеличится.

2.12. Расстояние увеличится.

2.13. Нет.

2.14. Под разогретым шариком слюда прогревается, образуется бугорок, и шарик скатывается с него.

2.15. При повышении температуры уровень понижается; при понижении — повышается.

2.16. Объем увеличился на $\approx 7,65 \text{ см}^3$.

Решение. Площадь поверхности одной грани куба равна $\frac{150 \text{ см}^2}{6} = 25 \text{ см}^2$. Поэтому длина ребра равна $5 \text{ см} = 50 \text{ мм}$.

Первоначальный объем куба $V_1 = 50 \text{ мм} \times 50 \text{ мм} \times 50 \text{ мм} = 125\,000 \text{ мм}^3$. После нагревания объем куба $V_2 = 51 \text{ мм} \cdot 51 \text{ мм} \cdot 51 \text{ мм} = 132\,651 \text{ мм}^3$.

Следовательно, объем куба увеличился на $V = V_2 - V_1 = 132\,651 \text{ мм}^3 - 125\,000 \text{ мм}^3 = 7\,651 \text{ мм}^3 \approx 7,65 \text{ см}^3$.

2.17. При нагревании тела уменьшаются силы молекулярного притяжения.

2.18. Одной из причин образования капелек воды на концах поленьев является их неравномерное нагревание. Часть полена, обращенная к солнцу, нагревается быстрее. Жидкость внутри полена также нагревается (и расширяется) неравномерно. Поэтому она перемещается как в одну, так и в другую сторону. На солнечной стороне жидкость испаряется, а в тени выступает на полене в виде капелек росы.

3. ПЛОТНОСТЬ

3.1. Лед, как всякое твердое тело, при нагревании расширяется, а при охлаждении сжимается. Следовательно, плотность льда при более низкой температуре

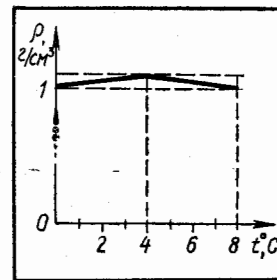


Рис. 6.

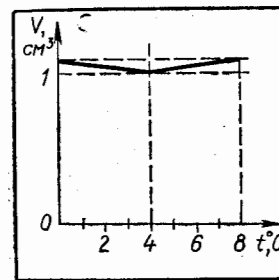


Рис. 7

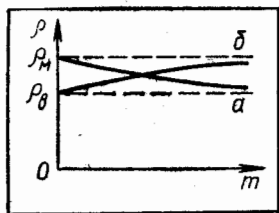


Рис. 8

больше, чем при более высокой. Поэтому самый большой объем у бруска с температурой 0°C.

3.2. 1 л питьевой.

3.3. График показан на рисунке 6.

3.4. График показан на рисунке 7.

3.5. Графики показаны на рисунке 8. Из рисунка видно, что плотность молока с прибавлением

в него воды убывает, а плотность воды с прибавлением в нее молока увеличивается.

На оси X могут быть отложены значения объемов жидкостей. При этом графики будут иметь примерно такой же вид. Разница будет лишь только в том, что точка пересечения графиков во втором случае будет несколько выше.

3.6. Графики показаны на рисунке 9.

3.7. Графики показаны на рисунке 10.

3.8. Указание. Толщину пластинки h можно рассчитать по формуле $h = \frac{m}{\rho S}$, где m — ее масса, ρ — плотность стекла и S — площадь пластинки. Массу пластинки определяют с помощью весов, а площадь вычисляют, предварительно измерив длину и ширину пластинки.

3.9. Указание. Для определения объема полости внутри пробки достаточно иметь весы с разновесом и мензурку. (Если пробка не помещается в мензурку, потребуется отливной стакан.)

Объем полости V определяют как разность объемов самой пробки (V_1) и стекла, из которого она изготовлена

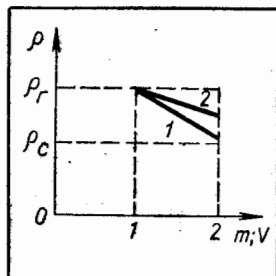


Рис. 9.

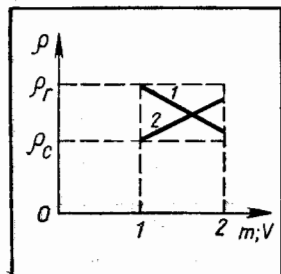


Рис. 10

(V_2). Объем пробки проще всего определить с помощью мензурки. Объем стекла определяют по массе пробки и плотности стекла.

3.10. Масса флакона с ртутью складывается из масс ртути и стекла, которые можно выразить через соответствующие плотности и объемы:

$$m = \rho_{рт} V_{рт} + \rho_{ст} V_{ст},$$

$$V_{рт} + V_{ст} = V,$$

где $\rho_{рт}$ и $\rho_{ст}$ — соответственно плотность ртути и стекла; $V_{ст}$ — объем стекла, $V_{рт}$ — объем ртути, V — наружный объем флакона.

Наружный объем флакона определяют при помощи мензурки и отливного стакана. Массу флакона с ртутью (m) определяют при помощи весов.

Определив из вышеприведенных уравнений $V_{рт}$ и зная плотность ртути, можно определить массу ртути, находившейся во флаконе.

3.11. Решение. При помощи весов определяют общую массу меди (m_m), из которой изготовлены шары (пренебрегая массой воздуха).

При помощи мензурки определяют общий объем шаров V .

Этот объем можно представить как сумму объема стенок большого шара и объема малого шара (с полостью):

$$V = V_{1м} + V_2 \text{ или } V = V_{1м} + V_{2м} + V_{п},$$

где $V_{2м}$ — объем стенок малого шара, $V_{п}$ — объем воздушной полости внутри малого шара.

Но

$$V_{1м} + V_{2м} = V_m,$$

где

$$V_m = \frac{m_m}{\rho_m}.$$

Тогда

$$V_{п} = V - \frac{m_m}{\rho_m}.$$

3.12. 2,5 г/см³.

Решение. Площадь одной грани куба равна $\frac{294 \text{ см}^2}{6} = 49 \text{ см}^2$. Отсюда ребро куба равно 7 см. Объем куба $V = 7 \text{ см} \cdot 7 \text{ см} \cdot 7 \text{ см} = 343 \text{ см}^3$. Плотность стекла

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{857,5 \text{ г}}{343 \text{ см}^3} = 2,5 \text{ г/см}^3.$$

3.13. 312,5 г.

3.14. 337,5 г.

Указание. См. решение задачи 3.12.

3.15.

$$m_k = \frac{\rho_k V_p \left(\frac{m_p}{V_p} - \rho_B \right)}{(\rho_B - \rho_k)},$$

где ρ_k , ρ_B — соответственно плотность медного купороса и воды, m_p , V_p — соответственно масса и объем раствора (измеряются непосредственно).

3.16. 8 г/см³.

Решение. Если бы часть воды из пробирки не вылилась, то общая масса пробирки, воды и куска металла в ней была бы равна $50 \text{ г} + 12 \text{ г} = 62 \text{ г}$. По условию задачи масса воды в пробирке с куском металла в ней равна 60,5 г. Следовательно, масса воды, вытесненной металлом, составляет 1,5 г, а, значит, объем воды, вытесненной металлом, равен 1,5 см³.

Тогда

$$\rho_k = \frac{12 \text{ г}}{1,5 \text{ см}^3} = 8 \text{ г/см}^3.$$

3.17. 2,4 г/см³.

3.18. Указание. Сначала нужно определить массу стакана. Затем заполнить его водой и вновь поставить на весы. По плотности и массе воды в стакане определяют его емкость. Заполнив стакан неизвестной жидкостью, определяют ее массу на весах. Зная массу жидкости в стакане и ее объем, вычисляют плотность жидкости.

3.19. Решение. Для определения плотности жидкости достаточно на одну чашку весов поместить стакан, заполненный жидкостью, и на эту же чашку положить одну из гирь (желательно большой массы). На другую — гири, уравновешивающие весы. Затем следует часть жидкости из стакана отлить, гирю, стоявшую на чашке со стаканом, поместить в стакан и заполнить его жидкостью целиком. Уравновесив стакан с жидкостью и гирей в нем на весах, можно определить массу недостающей в стакане жидкости (объем ее равен объему гири). По плотности вещества, из которого изготовлена гиря, и ее массе определяют объем гири. Этот

объем равен объему вытесненной гирей жидкости. Определив объем вытесненной жидкости и ее массу, вычисляют плотность жидкости.

3.20. Указание. См. решение задачи 3.19.

3.21. 3,6 ч.

3.25. 0,22 кг; 55%.

3.22. $\approx 0,35 \text{ кг}$.

3.26. 90 г.

3.23. 226 г.

3.27. 0,0024 кг.

3.24. 77,48 г.

4. МЕХАНИЧЕСКОЕ ДВИЖЕНИЕ

4.1. Нельзя, так как неизвестно, как тело двигалось, проходя эти расстояния.

4.2. 0; 120 км/ч; 60 км/ч; 0.

Решение. Так как рельс неподвижен относительно земли (рассматриваем его как абсолютно твердое тело), а колесо не проскальзывает, то скорость точки соприкосновения колеса с рельсом относительно рельса (земли) равна нулю.

Движение колеса в какое-то мгновение мы можем рассматривать как вращение его вокруг точки соприкосновения колеса с рельсом. Предположим, что при вращении колеса вокруг точки B — точки соприкосновения его с рельсом (рис. 11) вертикальный диаметр AB колеса отклонился на некоторый очень малый угол. При этом точка O (ось вращения колеса) переместилась на расстояние OO_1 . За это же время точка A переместится на расстояние AD . Так как отрезки AD и OO_1 соответствующих дуг очень малы, то их можно считать прямыми. Тогда из подобия треугольников BAD и BOO_1 следует, что точка A за этот же промежуток времени переместилась в пространстве на расстояние, в два раза большее, чем точка O . Следовательно, скорость верхней точки колеса (точки A) будет в два раза больше скорости перемещения точки O , т. е. 120 км/ч. Центр колеса относительно земли перемещается вместе с вагоном, т. е. со скоростью 60 км/ч. Ось колеса относительно вагона неподвижна. Поэтому скорость ее относительно вагона равна нулю.

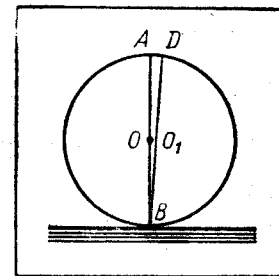


Рис. 11

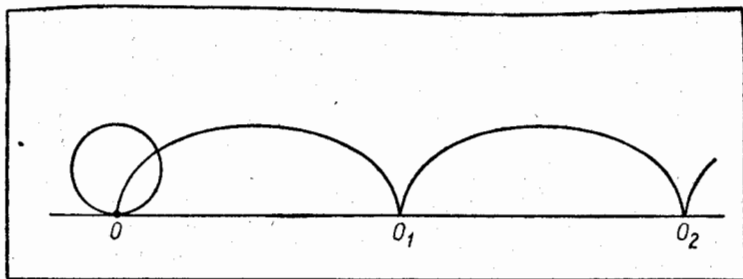


Рис. 12

4.3. 2 l.

Решение. Время движения мальчика и цилиндра одинаково. Однако скорость верхней точки цилиндра вдвое больше скорости перемещения оси его (см. задачу 4.2). Поэтому, когда мальчик пройдет путь, равный длине доски l , цилиндр переместится влево на расстояние $l/2$. Отсюда заключаем, что мальчику до цилиндра надо пройти путь, равный $2l$.

4.4. Траектория движения точки O колеса показана на рисунке 12. Расстояния OO_1 , O_1O_2 и т. д. равны длине окружности колеса. От увеличения скорости движения колеса эти расстояния не могут измениться. Поэтому при любой скорости движения колеса траектория точки O относительно поверхности земли останется неизменной.

4.5. $H = 2l$.

Решение. Нить разматывается на длину, равную l . В свою очередь, цилиндр пройдет путь, также равный l . Поэтому расстояние, которое пройдет груз, равно $2l$.

4.6. 2 l.

4.7. Пассажир видит, что все автомобили удаляются от него.

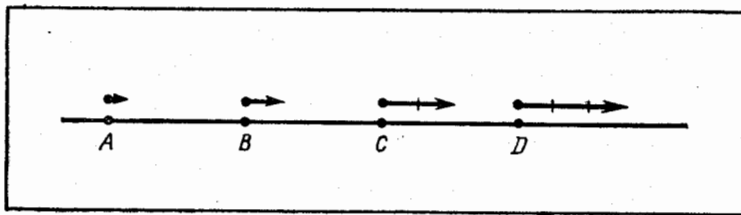


Рис. 13

Указание. См. рисунок 13 (стрелочки показывают направления движения автомобилей и примерные значения их скоростей).

4.8. При условии, что за время полета пули внутри цилиндра цилиндр сделал половину оборота или $n \pm 1/2$ оборотов.

4.9. См. рис. 14.

Указание. Из условия видно, что на круге след мальчика закончится в той же точке, из которой он начинался. За $1/4$ оборота круга мальчик пройдет путь, равный радиусу круга, и окажется в центре его. При дальнейшем вращении круга след протянется к начальной точке на круге.

4.10. 5,5 км/ч.

Решение. Обозначим скорость движения теплохода в неподвижной воде относительно берега через v_1 , а скорость течения реки — через v . Тогда скорость движения теплохода по течению будет $v_1 + v$, против течения $v_1 - v$. Из условия $v + v_1 = 600$ км/сут, а $v_1 - v = 336$ км/сут. Совместное решение этих уравнений дает для v значение $v = 132$ км/сут = 5,5 км/ч.

4.11. 45 км/ч.

Решение. Обозначим расстояние между пунктами через s . Тогда время, затраченное на движение из одного пункта в другой, будет равно:

$$t_1 = \frac{s}{v_1}.$$

Обратный путь потребует времени:

$$t_2 = \frac{s}{v_2}.$$

На весь путь туда и обратно будет затрачено

$$t = t_1 + t_2 = \frac{s}{v_1} + \frac{s}{v_2}.$$

Отсюда средняя скорость

$$v_{\text{ср}} = \frac{2s}{t} = \frac{2s}{\frac{s}{v_1} + \frac{s}{v_2}} = \frac{2v_1v_2}{v_1 + v_2}.$$

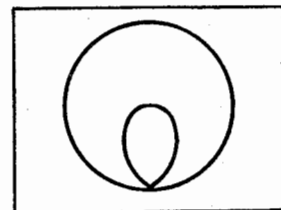


Рис. 14

Подставив числовые значения, получим:

$$v_{\text{ср}} = \frac{2 \cdot 60 \frac{\text{км}}{\text{ч}} \cdot 36 \frac{\text{км}}{\text{ч}}}{60 \frac{\text{км}}{\text{ч}} + 36 \frac{\text{км}}{\text{ч}}} = 45 \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$$

4.12. 4 км/ч.

4.13. 6 км/ч.

Указание. См. решение задачи 4.11.

4.14. 2,5 км/ч.

Решение. Плоты удалялись от места встречи с катером в течение времени, равного $35 \text{ мин} + 25 \text{ мин} + 1 \text{ ч} = 2 \text{ ч}$. За это время они проплыли расстояние 5 км. Следовательно,

$$v = \frac{5 \text{ км}}{2 \text{ ч}} = 2,5 \text{ км/ч}.$$

4.15. 24 мин; 22,5 мин.

Решение. Время движения по реке против течения

$$t_1 = \frac{s}{v_2 - v_1}.$$

Время движения по течению

$$t_2 = \frac{s}{v_2 + v_1}.$$

Полное время движения по реке (туда и обратно)

$$t = t_1 + t_2 = \frac{2s v_2}{v_2^2 - v_1^2}.$$

Время движения туда и обратно по озеру $t_3 = \frac{2s}{v_2}$.

Подставив числовые значения и произведя вычисления, получим:

$$t = 0,4 \text{ ч}; \quad t_3 = 0,375 \text{ ч}.$$

4.16. 4 км/ч; 16 км/ч.

Решение. Рассмотрим движение лодки относительно плота. Относительно плота лодка движется вниз и вверх по реке с одинаковой скоростью. Это означает, что время удаления лодки от плота равно времени приближения к нему. Следовательно, время возвращения лодки до встречи с плотом также $\frac{3}{4} \text{ ч}$. За 1,5 ч (время движения лодки) плот прошел расстояние $s_1 - s_2 = 15 \text{ км} - 9 \text{ км} = 6 \text{ км}$. Следовательно, скорость течения (скорость плота относительно берега) равна $v_1 = \frac{6 \text{ км}}{1,5 \text{ ч}} =$

$= 4 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$. Скорость лодки относительно воды равна

$$v = \frac{15 \text{ км}}{0,75 \text{ ч}} - 4 \frac{\text{км}}{\text{ч}} = 20 \frac{\text{км}}{\text{ч}} - 4 \frac{\text{км}}{\text{ч}} = 16 \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$$

4.17. 45 км/ч.

Решение. Обозначим интервал времени между поездами через t , скорость поездов, вышедших из Ленинграда, через v , расстояние между ними через s , время движения встречного поезда через t_1 и его скорость через v_1 .

Тогда расстояние между поездами

$$s = vt. \quad (1)$$

Это же расстояние при встречном движении можно выразить так:

$$s = v_1 t_1 + vt_1. \quad (2)$$

Приравняв правые части уравнений (1) и (2), получим:

$$vt = vt_1 + v_1 t_1.$$

Отсюда

$$v_1 = \frac{v(t - t_1)}{t_1}.$$

Вычисления дают $v_1 = 45 \text{ км/ч}$.

4.18. 80 км/ч.

Решение. Будем считать движение велосипедиста и поезда равномерным. Пусть скорость поезда относительно поверхности земли равна v . Тогда относительно велосипедиста поезд движется со скоростью $v - v_1$, где v_1 — скорость велосипедиста.

За время $t = 6 \text{ сек}$ поезд проходит относительно велосипедиста путь $s = 120 \text{ м} = 0,12 \text{ км}$. Следовательно, $s = (v - v_1)t$. Из этого уравнения находим, что $v = 80 \text{ км/ч}$.

4.19. 10 сек.

Указание. Колонна по отношению к мотоциклисту будет двигаться со скоростью $v = v_1 + v_2$, где v_1 — скорость мотоциклиста, v_2 — скорость движения колонны. Расстояние l , равное длине колонны, мотоциклист пройдет за время

$$t = \frac{l}{v_1 + v_2}$$

4.20. 36 км/ч.

Решение. Пусть скорость автомобиля относительно дороги равна v . Тогда его скорость относительно встречной колонны будет равна $v+v=2v$. Так как длина колонны $l=200$ м, а время движения ее относительно автомобиля $t=10$ сек, то можно записать: $2v = \frac{200 \text{ м}}{10 \text{ сек}} = 20 \text{ м/сек}$; откуда $v=10 \text{ м/сек}=36 \text{ км/ч}$.

$$4.21. s = \frac{l - l_2}{v_1 + v_2} v_3.$$

Указание. Время, за которое расстояние между мальчиками сократилось от l_1 до l_2 , равно $t = \frac{l_1 - l_2}{v_1 + v_2}$. Это время мяч находился в воздухе, летя со скоростью v_3 .

4.22. 900 м/сек.

Решение. Скорость поезда $v_1=10$ м/сек. Время, за которое пуля сместится на 3 см, $t = \frac{0,03 \text{ м}}{10 \text{ м/сек}} = 0,003 \text{ сек}$. За это время пуля пролетает путь 2,7 м. Следовательно, скорость пули $v = \frac{2,7 \text{ м}}{0,003 \text{ сек}} = 900 \text{ м/сек}$.

4.23. $\approx 58,3$ сек.

Решение. Скорость велосипедиста в системе отсчета, связанной с группой, при движении к вожатому равна $v_2 - v_1$ и при возвращении обратно равна $v_2 + v_1$. Поэтому время движения велосипедиста к вожатому $t_1 = \frac{l_1}{v_2 - v_1}$, а время возвращения велосипедиста к замыкающему $t_2 = \frac{l}{v_2 + v_1}$, где l — длина цепочки. Общее время движения велосипедиста $t = t_1 + t_2$. Таким образом, можно записать:

$$t = \frac{l}{v_2 - v_1} + \frac{l}{v_2 + v_1} = \frac{2lv_2}{v_2^2 - v_1^2}.$$

Подставив значения числовых величин, получим:

$$t \approx 58,3 \text{ сек.}$$

4.24. 1,5 мин.

Решение. Введем обозначения: l — длина эскалатора, v_1 — скорость эскалатора, v_2 — скорость пассажира (эскалатор неподвижен), t_1 — время подъема пассажира на движущемся эскалаторе, t_2 — время его подъема по неподвижному эскалатору, t — время подъема движущегося пассажира по движущемуся эскалатору.

Составим уравнения движения для этих случаев:

$$l = v_1 t_1; \quad l = v_2 t_2; \quad l = (v_1 + v_2) t.$$

Решая эту систему уравнений, получим:

$$t = \frac{t_1 t_2}{t_1 + t_2}.$$

Подставив числовые данные, найдем:

$$t = 1,5 \text{ мин.}$$

4.25. $\approx 1,33$ м.

Указание. Скорость движения бронетранспортера относительно поезда равна $10 \text{ м/сек} + 10 \text{ м/сек} = 20 \text{ м/сек}$. Время между выстрелами составляет $1/15$ сек.

5. ДАВЛЕНИЕ ГАЗОВ

5.1. Одинаковым.

5.2. Водород и углекислый газ оказывают на кран различное давление. Объясняется это тем, что в каждом из сосудов к давлению p прибавляется аэростатическое давление столбов газов, заключенных в сосудах. Так как плотность CO_2 больше плотности H_2 , то давление на кран в сосуде 2 будет большим, чем давление в сосуде 1. Поэтому можно заключить, что после открытия крана часть углекислого газа перейдет из сосуда 2 в сосуд 1.

5.3. При втором способе воды перетечет меньше.

Указание. Предположив, что между сосудами есть кран, рассмотрите, каким будет относительное изменение начальных давлений воздуха в сосудах.

5.4. Манометр в первом сосуде будет показывать несколько меньшее давление, чем манометр, установленный на другом сосуде. Причем показания обоих манометров будут несколько большими p . Объясняется это тем, что к давлению p прибавляется аэростатическое давление столбов газа в них. Так как высота столба газа в первом сосуде меньше, чем во втором, то и аэростатическое давление газа в нем будет несколько меньшим, чем во втором сосуде.

5.5. Не нарушится.

5.6. Указание. Можно воспользоваться, например, двумя сосудами, соединенными тонкой стеклянной трубкой, наполненными воздухом. Посредине трубки поместить капельку ртути. При вертикальном расположении прибора давление в верхнем сосуде будет меньше, чем в

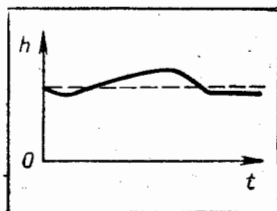


Рис. 15

нижнем, поэтому при нагревании до одинаковой температуры давление в верхнем сосуде изменится на меньшую величину, чем давление в нижнем, и капелька ртути поднимется кверху. При охлаждении прибора капелька ртути будет смещаться книзу. Проградуировав прибор и снабдив его шкалой, можно будет измерять температуру.

5.7. При огромной температуре накала нити во время работы лампочки значительно повышается давление газа в ней, что может привести к разрушению баллона. Чтобы этого не произошло, давление газа в лампочке предвительно оставляют несколько меньшим нормального.

5.8. Вначале капелька ртути сместится несколько влево, а затем займет начальное положение.

Решение. Стекло лучше проводит тепло, чем воздух, и трубка прогреется раньше, чем воздух в ней. В результате прогрева стекла объем воздуха в левой части трубки увеличится больше, чем в правой. Поэтому вначале на единицу объема воздуха в левой части трубки будет приходиться меньшее число молекул воздуха, чем в правой, а следовательно, и число ударов молекул воздуха на капельку ртути слева будет несколько меньшим, чем справа, и капелька ртути сместится влево. Затем, по мере прогрева воздуха, число ударов слева будет возрастать и капелька начнет перемещаться вправо. Когда воздух в каждой части трубки прогреется до температуры воды в сосуде, среднее число ударов молекул воздуха о капельку ртути в единицу времени будет одинаковым по обе стороны капельки и капелька ртути займет первоначальное положение.

5.9. Решение. Вначале в результате нагревания хотя и небольшого участка трубки объем ее несколько увеличивается и капелька ртути сместится вниз. Затем она будет медленно подниматься. По мере прогрева воздуха над капелькой она будет перемещаться к начальному положению и через некоторое время установится на высоте, несколько меньшей начальной высоты. Примерный график показан на рисунке 15.

6. ДАВЛЕНИЕ ЖИДКОСТЕЙ

6.1. Пуля, попадая в пластмассовый стакан, проделывает отверстия. При этом на воду в стакане пуля оказывает огромное давление. Так как вода практически очень мало сжимается, то давление, создаваемое пулей, по закону Паскаля довольно быстро передается стенкам стакана и пластмассовый стакан при движении пули внутри его, деформируясь, увеличивается в объеме на величину объема пули. Стакан же из стекла не может столь значительно деформироваться и под действием силы давления воды раскалывается вдребезги.

6.2. В сосуде 1 не изменится, в сосуде 2 увеличится, в сосуде 3 уменьшится.

Решение. В первом сосуде давление не изменится, потому что оно численно равно весу воды в сосуде, приходящемуся на единицу площади дна. Вес воды в сосуде при ее охлаждении не изменится. Уменьшение высоты столба воды при охлаждении пропорционально увеличению плотности воды, поэтому в цилиндрическом сосуде уменьшение высоты столба воды компенсируется увеличением ее плотности.

Во втором сосуде плотность воды увеличится так же, как и в первом сосуде, однако уровень воды в нем понизится меньше, чем в первом. Поэтому давление воды в нем на дно увеличится.

В третьем сосуде плотность воды увеличится так же, как в первом и во втором сосудах, а уровень воды в нем уменьшится значительно больше, чем в первом. Поэтому давление воды на дно сосуда с узким горлышком (сосуд 3) уменьшится.

6.3. 1 — уменьшится; 2 — увеличится; 3 — не изменится (рис. 16).

Указание. См. решение задачи 6.2.

6.4. Вода в трубке потечет направо.

Решение. Выделим в соединительной трубке некоторую площадку. Вначале давление воды на эту площадку с обеих сторон было одинаковым и вода не перемещалась. При нагревании воды уменьшается ее плотность. В левом сосуде воды больше, чем в

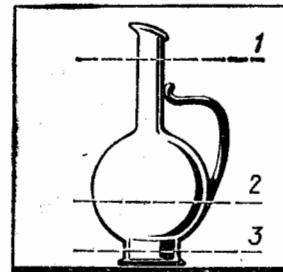


Рис. 16

правом. При одинаковом уменьшении плотности воды в сосудах увеличение высоты столбов воды в них будет разным. В левом сосуде высота столба воды будет увеличиваться быстрее, чем в правом. Так как давление воды пропорционально высоте столба ее, то слева на выделенную площадку давление будет больше и вода в соединительной трубке начнет перемещаться вправо.

6.5. Если температура воды в сосудах будет различной.

6.6. Давление одинаковое.

6.7. К узкому колену манометра.

Решение. Предположим, что при изменении давления уровень ртути в широком колене поднялся на Δh_1 , а в узком опустился на Δh_2 . Так как жидкость несжимаема, то

$$\Delta h_1 S_1 = \Delta h_2 S_2,$$

где S_1 — площадь сечения широкого колена, S_2 — узкого.

Отсюда получаем:

$$\Delta h_2 = \Delta h_1 \frac{S_1}{S_2} = 9 \Delta h_1.$$

Следовательно, если шкалу прикрепить к узкому колену манометра, то цена деления шкалы его будет в 9 раз меньшей, чем если бы она была прикреплена к широкому колену. Поэтому отсчет изменения давления при присоединении шкалы к узкой трубке манометра будет в 9 раз точнее.

6.8. Независимо от того, к какому колену будет присоединен сосуд, точность измерения будет одной и той же.

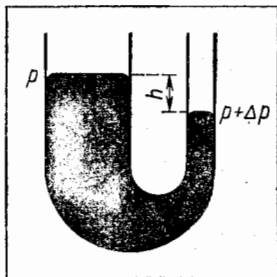


Рис. 17

Решение. Так как жидкость несжимаема, то объем ртути в одном колене увеличится на столько, на сколько уменьшится объем в другом колене, поэтому $p + \Delta p = p + \rho g h$, где h — разность уровней жидкости в коленах (рис. 17).

Решив это уравнение относительно h , найдем, что $h = \frac{\Delta p}{\rho g}$.

Таким образом, h не зависит от площади сечения трубок манометра.

метра. Следовательно, на точности измерений подсоединение сосуда к широкому или к узкому колену не сказывается.

$$6.9. p = \frac{F}{S_1 - S_2}.$$

Решение. На жидкость действует сила F , направленная вниз. При этом на нижний поршень действует сила давления, равная $p S_2$. Эти силы в сумме должны быть равны силе, действующей на верхний поршень, направленной вверх и равной $p S_1$, так как система тел жидкость — поршни находится в равновесии:

$$F + p S_2 = p S_1, \text{ или } F = p (S_1 - S_2).$$

Откуда

$$p = \frac{F}{S_1 - S_2}.$$

6.10. 30 см. Указание. Движение поршня вниз прекратится, когда давление столба воды в трубке уравновесит давление, создаваемое поршнем.

6.11. 400 н/м².

6.12. $h = a/2$.

Решение. Давление жидкости на дно $p_1 = \rho g h$. Сила давления на дно $F_1 = \rho g h a^2$.

Среднее давление на боковую стенку определяем, считая высоту равной $\frac{h}{2}$; тогда $p_2 = \rho g \frac{h}{2}$. Сила давления на четыре стенки

$$F_2 = 4 \rho g \frac{h}{2} h a = 2 \rho g h^2 a.$$

Так как из условия $F_1 = F_2$, то можно записать:

$$\rho g h a^2 = 2 \rho g h^2 a.$$

Решив это уравнение относительно h , найдем $h = \frac{a}{2}$.

6.13. Дно отпадет в сосуде 1.

Решение. Дно удерживается силой давления воды снизу и отпадет, когда эта сила будет равна силе давления на дно сосуда сверху. Предположим сначала, что сосуд имеет цилиндрическую форму с такой же площадью дна S , как и в сосуде 1, и что дно в нем отпадает при высоте столба воды h . При заполнении цилиндрического сосуда жидкостью менее плотной, чем вода, высота столба получилась бы больше ($h_1 > h$). Но так как сосуд 1 не цилиндрический, а суживается кверху, то уровень жидкости в нем должен расположиться на большей высоте ($h_2 > h_1$). Давление пропорционально высоте столба

жидкости, поэтому при высоте столба $h_2 > h_1$ давление ее на дно сосуда будет большим. Значит, большей будет и сила давления жидкости на дно, и дно отпадет.

Проводя аналогичные рассуждения для сосуда 2, придем к выводу, что при заполнении его жидкостью, плотность которой меньше плотности воды, дно не отпадет.

6.14. Дно отпадет в сосуде 2.

Указание. См. решение задачи 6.13.

6.15. $3,2 \text{ кн/м}^2$.

Решение. Так как масса керосина равна массе воды, то керосин и вода производят одинаковое давление. Выразив давления жидкостей через их плотность и высоту слоев, получим:

$$g \rho_1 h_1 = g \rho_2 h_2, \quad (1)$$

где ρ_1 , h_1 , ρ_2 , h_2 — плотность и высота слоя соответственно керосина и воды.

Общая высота жидкости в сосуде

$$h = h_1 + h_2. \quad (2)$$

Исключив из уравнений (1) и (2) h_1 и решив их совместно относительно h_2 , получим:

$$h_2 = \frac{\rho_1 h}{\rho_1 + \rho_2}. \quad (3)$$

Произведя вычисления, найдем $h_2 = 16 \text{ см}$.

Давление жидкостей $p = p_1 + p_2$, где p_1 — давление, создаваемое керосином, и p_2 — водой. Но $p_1 = p_2$, поэтому $p = 2p_2 = 2 \cdot 10 \text{ н/кг} \cdot 1000 \text{ кг/м}^3 \cdot 0,16 \text{ м} = 2 \cdot 1600 \text{ н/м}^2 = 3200 \text{ н/м}^2 = 3,2 \text{ кн/м}^2$.

6.16. $H = 50 \text{ см}$.

Решение. В левом колене трубки уровень воды понизится на $H - h$, а в правом на столько же повысится. Поэтому можно записать:

$$g \rho_k H = g \rho_b \cdot 2 (H - h),$$

где ρ_k и ρ_b — соответственно плотность керосина и воды.

Решив уравнение относительно H , получим:

$$H = \frac{2 \rho_b h}{2 \rho_b - \rho_k}.$$

Вычисления дают $H = 0,5 \text{ м} = 50 \text{ см}$.

6.17. 50 см .

Решение. Масло, наливаемое внутрь цилиндра, будет вытеснять из него воду. Из условия известно, что давление столба масла высотой h (h — высота цилиндра) должно быть равно давлению столба воды высотой $h - H$ (на глубине нижнего конца цилиндра). Поэтому

$$g \rho_m h = g \rho_b (h - H),$$

где ρ_m и ρ_b — соответственно плотность масла и воды.

Решив уравнение относительно h , получим:

$$h = \frac{\rho_b H}{\rho_b - \rho_m}.$$

Вычисления дают $h = 0,5 \text{ м}$.

6.18. 12 см .

Решение. Предположим, что в левой трубке уровень воды повысится на h . Тогда в правой трубке уровень воды будет ниже, чем в левой, на $2h$. Так как жидкости находятся в равновесии, то

$$g \rho_k H = g \rho_b 2h,$$

или

$$\rho_k H = \rho_b 2h,$$

где ρ_k и ρ_b — соответственно плотность керосина и плотность воды. Отсюда

$$h = \frac{\rho_k H}{2 \rho_b}.$$

Вычисления дают $h = 0,12 \text{ м}$.

6.19. $3,2 \text{ см}$; $12,8 \text{ см}$.

Решение. Пусть относительно начального уровня воды в сосудах в узком сосуде уровень воды понизится на h_2 , а в широком повысится на h_1 . Тогда давление столба керосина высотой H в узкой трубке будет равно $g \rho_k H$, давление воды в широкой трубке равно $g \rho_b (h_1 + h_2)$, где ρ_k — плотность керосина и ρ_b — плотность воды. Так как жидкости находятся в равновесии, то

$$g \rho_k H = g \rho_b (h_1 + h_2),$$

или

$$\rho_k H = \rho_b (h_1 + h_2). \quad (1)$$

Воду считаем несжимаемой жидкостью, поэтому уменьшение объема в узкой трубке с площадью S должно быть равно увеличению объема в широкой трубке с площадью $4S$:

$$S h_2 = 4 S h_1, \text{ или } h_2 = 4 h_1. \quad (2)$$

Подставив найденное значение h_2 в выражение (1) и решив его относительно h_1 , определим

$$h_1 = \frac{\rho_k H}{5 \rho_v} \quad (3)$$

Вычисления дают

$$h_1 = 0,032 \text{ м} = 3,2 \text{ см};$$

$$h_2 = 4 \cdot 3,2 \text{ см} = 12,8 \text{ см}.$$

6.20. 12 см.

Решение. Предположим, что в левом сосуде уровень воды понизился на h_1 , а в правом — на h_2 . Тогда в среднем сосуде уровень воды повысится на $h_1 + h_2$ и будет выше, чем в правом, на $2h_2 + h_1$, и выше, чем в левом, на $2h_1 + h_2$. Так как жидкости находятся в равновесии, то давление столбов воды равно давлению столбов керосина:

$$g \rho_v (2h_2 + h_1) = g \rho_k H_2 \text{ и } g \rho_v (2h_1 + h_2) = g \rho_k H_1,$$

где ρ_v — плотность воды и ρ_k — плотность керосина, или

$$\left. \begin{aligned} 2h_2 + h_1 &= \frac{\rho_k}{\rho_v} H_2 \\ 2h_1 + h_2 &= \frac{\rho_k}{\rho_v} H_1 \end{aligned} \right\}$$

Подставив числовые значения и решив эту систему уравнений, определим: $h_1 = 4 \text{ см}$ и $h_2 = 8 \text{ см}$. Откуда $h_1 + h_2 = 12 \text{ см}$.

6.21. $\approx 0,4 \text{ см}; \approx 2 \text{ см}$.

Указание. См. решение задачи 6.19.

6.22. 2 р.

Решение. Известно, что воздух в пузырьке находится под давлением столба воды, равным p . Если трубку перевернуть, то это давление будет передаваться воде и через нее нижней пробке (закон Паскаля). Поэтому нижняя пробка (А) будет находиться под давлением столба воды в трубке и давлением воздуха пузырька. Следовательно, общее давление на пробку А станет равным сумме этих давлений, т. е. $2p$.

6.23. $h = \frac{m_1 - m_2}{\rho_v S}$.

Решение. Так как $m_1 > m_2$, а размеры и массы поршней, стаканов и воды в стаканах одинаковы, то левый поршень сместится вниз, а правый — на столько же

поднимется вверх. Равновесие системы наступит тогда, когда давление воды в цилиндрах на одинаковых уровнях будет одинаковым. Рассмотрим давление в цилиндрах на уровне нижнего края левого цилиндра.

Давление в левом цилиндре на этом уровне равно $\frac{(m + m_1)g}{S}$, а в правом цилиндре равно $\frac{(m + m_2)g}{S} + \rho_v gh$, где ρ_v — плотность воды, m — общая масса поршня, стакана и воды в стакане. Следовательно,

$$\frac{(m + m_1)g}{S} = \frac{(m + m_2)g}{S} + \rho_v gh.$$

Решив это уравнение относительно h , найдем, что $h = \frac{m_1 - m_2}{\rho_v S}$.

7. ДВИЖЕНИЕ И СИЛЫ

7.1. Можно.

Указание. Можно воспользоваться, например, явлением инерции покоя. Для этого достаточно соединить сосуды в торец и сместить их в сторону сосуда, заполненного жидкостью.

7.2. При бросании камня с лодки лодка будет смещаться в горизонтальном направлении, противоположном движению камня, на большее расстояние, чем баржа. Поэтому начальная скорость камня относительно воды будет меньшей, и, следовательно, камень полетит не так далеко, как если бы он был брошен с баржи.

7.3. Пуля в обоих случаях пролетит одинаковое расстояние.

Решение. В результате деформации досок и трения скорость пули изменяется. Пусть потеря скорости пули при выходе из досок составляет Δv , а потеря скорости ее в толстой и тонкой досках Δv_1 и Δv_2 соответственно. По условию пуля пробивает доски. Следовательно, $\Delta v = \Delta v_1 + \Delta v_2$, или $\Delta v = \Delta v_2 + \Delta v_1$. Это означает, что при выходе из досок, независимо от порядка очередности расположения их, пуля будет иметь одинаковую скорость в обоих случаях. Отсюда заключаем, что дальность полета пули будет одинаковой.

7.4. Время подъема будет меньше времени падения.

Указание. Учесть, что при подъеме камня сила тяжести, действующая на него, направлена так же, как и сила сопротивления воздуха, а при падении — противоположно.

7.5. Можно.

Указание. Если коромысло весов привести в ускоренное движение (направленное перпендикулярно оси коромысла), то оно будет поворачиваться вокруг своей оси в сторону тела большей массы.

7.6. Нет, перетянет чашка весов, на которой находится тело, взвешенное на Луне.

Указание. Сила тяжести на Луне примерно в 6 раз меньше, чем на Земле.

7.7. Время падения соломинки уменьшится.

7.8. Скорость пули при выходе из пластинки меньше, чем при входе. Поэтому деформация, вызванная давлением пули, успевает распространиться на больший объем у грани пластинки, из которой пуля выходит.

7.9. $v_1 = v$.

7.10. Достаточно, например, подвесить кофемолку на нити так, чтобы при работе электродвигателя она вращалась. Направление вращения якоря электродвигателя противоположно направлению вращения кофемолки.

7.11. $t = \frac{l}{3v}$.

Указание. Так как мальчики на веревку действуют с равными по величине силами, то и скорости движения лодок относительно воды будут одинаковыми. Длина веревки между мальчиками сокращается со скоростью $v + 2v = 3v$.

7.12. При равномерном перемещении паучок на палочку действует с силой, равной его весу. Поэтому равновесие весов не нарушится.

7.13. Не нарушится.

7.14. Равновесие нарушится; перетянет чашка весов, на которой стоит штатив.

Решение. Так как после соприкосновения пластинки с водой пружина остается растянутой, значит, на нее действует сила, направленная вниз. Пластинка, пружина, перекладина штатива и штатив представляют собой связанную систему твердых тел, поэтому действие силы, приложенной к любой точке этой системы, направленной вниз, вызовет увеличение силы давления основания штатива на его опору (на чашку весов). Это приведет к нарушению равновесия весов.

7.15. Может. Например, вес детали, зажатой в тисках, меньше силы трения покоя. Поэтому она удерживается между губками тисков.

7.16. Да. Уменьшив давление в баллонах, водитель этим самым увеличил силу сцепления колес с грунтом, чем способствовал устранению проскальзывания колес.

7.17. Направление силы трения совпадает с направлением движения вагона.

7.18. $F_1 = F_2 = F$.

7.19. Сила трения, действующая на переднее колесо, направлена в сторону, противоположную движению велосипеда, на заднее — в сторону движения.

Указание. Мальчик, нажимая на педаль, вызывает вращение заднего колеса. Если бы между колесом и почвой не было трения, то точки колеса, соприкасающиеся с почвой, проскальзывали бы по земле назад и велосипед оставался бы на месте. Сила же трения, действующая на колесо со стороны почвы и направленная вперед, сообщает колесу движение.

7.20. Сила давления вертолета на землю в обоих случаях одинакова.

Указание. Вертолет действует на воздух с силой, равной своей силе тяжести, а воздух передает действие этой силы на землю.

7.21. а) $F_1 = 500$ н; б) $F_2 = 900$ н.

7.22. $\frac{l}{l-l_1}$.

Решение. Пусть масса цепочки m . Тогда на единицу длины цепочки приходится масса, равная $\frac{m}{l}$. Максимальная сила трения покоя $F_{тр}$ равна силе тяжести свисающей части цепочки: $F_{тр} = \frac{m}{l} g l_1$. Сила давления цепочки на стол равна весу части цепочки длиной $l-l_1$: $P = \frac{m}{l} g (l-l_1)$. Тогда искомое отношение будет

$$\frac{m}{l} g l_1 : \frac{m}{l} g (l-l_1) = \frac{l_1}{l-l_1}.$$

8. АТМОСФЕРНОЕ ДАВЛЕНИЕ

8.1. Сузилась.

8.2. Решение. Известно, что нормальное атмосферное давление равно примерно $1 \cdot 10^5$ н/м². Следовательно, вес столба воздуха площадью в 1 м² равен $1 \cdot 10^5$ н. Зная размеры земного шара, ученые подсчитали площадь поверхности Земли. А по этой площади можно подсчитать вес (массу) всей атмосферы Земли. (Расчеты для массы атмосферы дают значение $M \approx 10^{18}$ кг.).

$$8.3. p = p_1 + \rho gh,$$

где p — атмосферное давление; p_1 — давление воздуха внутри сосуда; ρ — плотность воды; h — высота столба воды в верхнем сосуде.

8.4. Время вытекания воды останется прежним.

Указание. Учесть, что разность давлений воздуха на отверстие и поверхность воды остается прежней.

8.5. Когда мы пьем, то под губами над поверхностью воды создаем область пониженного давления воздуха. Благодаря атмосферному давлению вода устремляется в эту область и попадает к нам в рот.

8.6. Вся вода из трубки выльется через правую часть ее.

Решение. Предположим, что мы открыли конец трубки C на какое-то малое время. Рассмотрим, под каким давлением будет находиться в это время вода в сечении трубки BB . Слева действует атмосферное давление, уменьшенное на величину давления столба воды высотой $h_1 = AB$. Справа действует атмосферное давление, но уменьшенное на величину давления столба воды $h_2 = BC$. Так как $h_2 > h_1$, то $H - h_1 > H - h_2$, где H — атмосферное давление, измеряемое высотой столба воды. Следовательно, на воду в левой трубке (AB) действует большее давление, чем в правой (BC). Вследствие этого вода по трубке потечет слева направо. Поэтому если отверстие C оставить открытым, то вся вода из трубки выльется через правое колено.

8.7. Вся вода выльется. Указание. См. задачу 8.6.

8.8. Вся вода выльется. Указание. См. задачу 8.6.

8.9. Вся вода выльется. Указание. См. задачу 8.6.

8.10. Вода будет перемещаться в трубке слева направо до тех пор, пока давления у концов трубок не сравняются.

Решение. На уровне открытых концов трубок, опущенных в жидкости, давление слева равно $H - h + \rho_v g l_v$, справа $H - h + \rho_k g l_k$, где H — атмосферное давление, выраженное высотой столба воды; h — давление столба воды в трубке, выраженное высотой столба; ρ_v — плотность воды; ρ_k — плотность керосина и $l_k = l_v$ — высоты столбов керосина и воды, равные расстоянию от поверхностей жидкостей в сосудах до концов трубок. Так как $\rho_v > \rho_k$, то $H - h + \rho_v g l_v > H - h + \rho_k g l_k$. Поэтому вода в трубке будет перемещаться слева направо до тех пор, пока при ка-

ких-то значениях l'_k и l'_v давление $\rho_k g l'_k$ станет равным $\rho_v g l'_v$, т. е. будет выполняться соотношение $\frac{l'_k}{l'_v} = \frac{\rho_v}{\rho_k}$.

8.11. Да.

Решение. Определим давления воды в трубке на уровне ab (уровень воды в сосуде) и на уровне cd (нижний конец трубки):

$$p_1 = \rho_v g l - \rho_k g (H - h) = \rho_v g l - \rho_k g H + \rho_k g h,$$

$$p_2 = \rho_v g l + \rho_v g h - \rho_k g H,$$

где ρ_v и ρ_k — плотность воды и керосина. Остальные обозначения ясны из рисунка 18.

Сравнив почленно выражения в правой части уравнений, заключаем, что так как $\rho_k < \rho_v$, то $p_2 > p_1$. Отсюда можно сделать вывод, что на воду будет действовать сила, обусловленная избыточным давлением, направленная вниз, поэтому в правом колене вода будет вытеснять керосин и перемещаться из верхнего сосуда в нижний.

8.12. Общий вес столбика ртути в трубке и самой трубки, взятых над уровнем ртути в чашке барометра.

Решение. Если к динамометру подвесить одну лишь трубку, то он будет показывать вес трубки, так как действующее сверху на закрытый конец трубки давление наружного воздуха уравновешивается давлением воздуха, находящегося в трубке. Если в трубке находится ртуть, над которой нет воздуха, то атмосферное давление, действующее на закрытый конец трубки сверху, не будет уравновешено давлением воздуха внутри трубки снизу. Так как атмосферное давление практически равно весу столба ртути в трубке, то динамометр будет показывать сумму весов трубки и ртути внутри трубки.

8.13. С изменением атмосферного давления уровень ртути в трубке будет изменяться.

8.14. Показания динамометра с увеличением атмосферного давления будут увеличиваться, а с уменьшением — уменьшаться.

Указание. См. решение задачи 8.12.

8.15. Если над ртутью воздух отсутствует, объем пузырька воздуха изменяться не будет.

8.16. Под действием атмо-

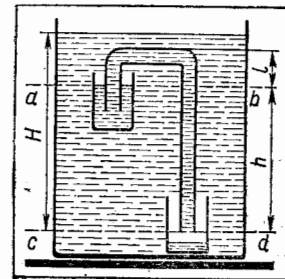


Рис. 18

ферного давления трубка целиком заполнится ртутью, поэтому барометр будет показывать давление, соответствующее давлению высоты столбика ртути в трубке.

8.17. Часть ртути из правого сосуда и из трубок перетечет в левый сосуд. Ртуть в закрытых трубках расположится на высоте, равной, примерно, высоте столбиков ртути, находящейся выше концов соединительной трубки.

Указание. Если открыть кран, то вначале система трубок будет представлять собой сифон (см. решение задачи 8.6). При перетекании ртути из правого сосуда в левый уровень ртути в трубках изменяться не будет. Как только уровень ртути в правом сосуде станет ниже конца трубки в нем, в трубку попадет воздух и ртуть в трубке резко сместится вверх и будет прижата к верхнему закрытому концу трубки атмосферным давлением. При этом перетекание ртути, оставшейся в соединительной трубке, будет продолжаться. Уровень ртути в левой трубке будет неизменным до тех пор, пока в нее не попадет воздух. После чего в ней произойдет явление, аналогичное тому, которое протекало в правой трубке, а ртуть, оставшаяся в трубке, выльется в левый сосуд.

8.18. а) Вверх; б) вниз.

Решение. а) При вертикальном положении шланга сверху на пленку действует атмосферное давление $p_1 = p_0$. На нижнем уровне шланга

$$p_2 = p_0 + \rho_{\text{воз}} gh - \rho_{\text{вод}} gh,$$

где $\rho_{\text{воз}}$ и $\rho_{\text{вод}}$ — плотности воздуха и водорода, h — высота шланга.

Так как $\rho_{\text{воз}} > \rho_{\text{вод}}$, то $p_1 < p_2$. Под действием этого избыточного давления на водород в шланге снизу пленка будет прогибаться кверху.

б) При изогнутом шланге на пленку снизу действует давление $p_1 = p_0$, а давление на уровне нижнего открытого конца шланга равно

$$p_2 = p + \rho_{\text{воз}} gh_1 - \rho_{\text{вод}} gh_1,$$

где h_1 — разность уровней между верхним (закрытым) и нижним концами шланга.

Так как $\rho_{\text{воз}} > \rho_{\text{вод}}$, то $p_2 > p_1$. Под действием этого избыточного давления изнутри шланга пленка будет прогибаться книзу.

8.19. а) Вниз; б) вверх.

Решение. а) При вертикальном положении трубки сверху на пленку действует атмосферное давление $p_1 =$

$= p_0$. На нижнем уровне трубки $p_2 = p_0 + \rho_{\text{воз}} gh - \rho_{\text{вод}} gh$, где $\rho_{\text{воз}}$ — плотность воздуха, $\rho_{\text{вод}}$ — плотность воды, h — высота трубки.

Так как $\rho_{\text{вод}} > \rho_{\text{воз}}$, то $p_0 < p_1$ и пленка прогнется книзу.

б) При изогнутой трубке на пленку снизу действует давление $p_2 = p_0$, а давление на уровне нижнего открытого конца трубки равно

$$p_2 = p_0 + \rho_{\text{воз}} gh_1 - \rho_{\text{вод}} gh_1,$$

где h_1 — разность уровней между закрытым (верхним) и нижним концами трубки. Так как $\rho_{\text{вод}} > \rho_{\text{воз}}$, то $p_0 < p_1$ и пленка прогнется кверху.

8.20. Не менее 2,3 м.

Решение. Манометр показывает разность давлений внутри и снаружи камеры: $p_k - 1 \text{ ат} = 2 \text{ ат}$. Отсюда $p_k = 2 \text{ ат} + 1 \text{ ат} = 3 \text{ ат}$. Так как нормальное давление в 1 ат соответствует высоте ртутного столба 760 мм, то при давлении в 3 ат высота столба ртути в барометре должна быть равной $760 \text{ мм} \cdot 3 = 2280 \text{ мм} = 2,28 \text{ м}$.

8.21. $\approx 4,42 \text{ кН}$.

8.22. $102 \ 160 \text{ н/м}^2$.

8.23. Не будет.

Указание. Давление воздуха и воды, находящихся в трубках, уравнивается атмосферным давлением. На уровне h (высота крана над поверхностью воды) давление в левой и правой трубках меньше атмосферного давления на одну и ту же величину $p = \rho_v gh$, где ρ_v — плотность воды. Поэтому, если открыть кран, вода переливаться не будет.

8.24. Чтобы весь воздух, находящийся в первом сосуде под давлением 100 ат, переместить во второй сосуд, где давление 1 ат, надо второй сосуд заполнить водой, а затем расположить его над первым сосудом и открыть краны (рис. 19).

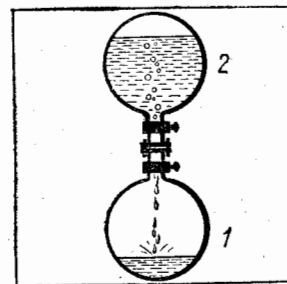


Рис. 19

9. АРХИМЕДОВА СИЛА

9.1. Не изменится.

Решение: На планете, где сила тяжести в два раза больше, чем на Земле, и вес воды, и вес шара увеличат-

ся в два раза. Поэтому и вес вытесненной шаром воды возрастет как же, как и вес шара. Поэтому глубина погружения шара в воду не изменится.

9.2. Понизится.

Решение. Плотность льда меньше плотности воды, поэтому объем шарика из льда больше объема воды, образовавшейся из этого шарика. Отсюда следует, что уровень воды в сосуде понизится.

9.3. Не изменится.

Указание. Плавающая, лед вытесняет столько воды, что ее вес равен весу льда. При таянии льда образуется вода, имеющая такой же вес, что и лед.

9.4. Не изменится. Указание. См. задачу 9.3.

9.5. Понизится.

Указание. Если кусок льда содержит стальной шарик, то вода, которая образуется при таянии льда, вместе с шариком будет иметь меньший объем, чем кусок чистого льда того же веса.

9.6. Не изменится.

Указание. Вода практически не сжимается. Поэтому увеличение давления керосина на поверхность воды не изменит ее плотности. Не изменится и плотность шарика. Поэтому выталкивающая сила жидкостей, действующих на шарик, останется прежней.

9.7. Уменьшится.

Решение. Пусть общий объем находящихся в сосуде веществ $V = V_1 + V_2 + V_3$, где V_1 , V_2 и V_3 — объем воды, керосина и льда соответственно. Лед находится внутри жидкостей. Так как плотность льда меньше плотности воды, то его объем больше объема воды такой же массы. Следовательно, объем воды, образовавшейся при таянии льда, будет меньше объема V_3 , занимаемого льдом. Поэтому общий объем жидкостей в сосуде уменьшится, а, значит, верхний уровень керосина понизится.

9.8. Уменьшится. Указание. С добавлением керосина поверх воды увеличивается давление на нижнюю грань бруска.

9.9. Не изменится.

Решение. Брусок из льда и шар плавают в воде. Это означает, что они вытесняют столько воды, сколько весят сами. Поскольку после таяния льда вес содержимого в сосуде не изменится, постольку не изменится и сила давления воды на дно сосуда. Это означает, что уровень воды в сосуде останется прежним.

9.10. Понизился.

Решение. Когда коробок плавал, на дно сосуда действовала сила давления воды $F = \rho_{\text{в}} g H$. Так как вес содержимого в сосуде от того, что коробок утонет, не изменится, то не изменится и сила давления на дно сосуда. Однако в этом случае она будет складываться из силы давления воды и силы давления коробка:

$$F = \rho_{\text{в}} g h + F_{\text{кор}}$$

где h — предполагаемый новый уровень воды в сосуде.

Приравняв правые части этих выражений, получим:

$$\rho_{\text{в}} g H = \rho_{\text{в}} g h + F_{\text{кор}}$$

Так как коробок из железа, то $F_{\text{кор}} > 0$. Следовательно, $\rho_{\text{в}} g H > \rho_{\text{в}} g h$, т. е. $H > h$. Значит, уровень воды в сосуде понизится.

9.11. Не изменится.

Указание. Так как вес всего, что находится в сосуде, не изменится, то не изменится и сила давления воды на дно сосуда.

9.12. Не изменится.

Указание. Так как вес плавающей системы брусок — шар при удлинении нити не изменится, то не изменится и сила давления воды на дно сосуда.

9.13. Понизится.

Указание. См. решение задачи 9.10.

9.14. Не изменился.

Указание. Так как вес содержимого в сосуде от того, что коробок несколько погрузился в воду, не изменился, то не изменилась и сила давления воды на дно сосуда.

9.15. Уровень воды в сосуде изменяться не будет.

Указание. Так как с изменением температуры окружающего кастрюлю воздуха вес содержимого в сосуде изменяться не будет, то не будет изменяться и сила давления воды на дно сосуда.

9.16. Вес первого сосуда с содержимым в нем меньше веса второго сосуда.

Указание. В первом сосуде находится меньше воды. Если шар скатится с бруска и упадет на дно сосуда, то уровень воды в нем понизится. (См. решение задачи 9.10.)

9.17. Ответ зависит от степени расширения материала тела и воды. Если вода и тело расширяются в равной степени, то показания весов не изменятся. Если веществ-

во тела расширяется в меньшей степени, чем вода (как это бывает в большинстве случаев), то при нагревании плотность воды уменьшится на большую величину, чем плотность тела. В результате выталкивающая сила, действующая на тело, уменьшится и показания весов увеличатся. Рассуждая аналогично, приходим к выводу, что если вещество тела расширяется в большей степени, чем вода, то показания весов уменьшатся.

9.18. Ответ зависит от степени теплового расширения вещества тела и воды. Если вода и тело расширяются одинаково, то равновесие весов не нарушится. Если вещество тела расширяется в меньшей степени, чем вода (как это обычно и бывает), то выталкивающая сила, действующая на тело, вследствие уменьшения плотности воды уменьшится. Следовательно, уменьшится и сила, действующая на воду со стороны тела. Поэтому в теплом помещении перетянет чашка весов, на которой находится груз. Если вещество тела расширяется в большей степени, чем вода, то выталкивающая сила, действующая на тело, увеличится. Соответственно увеличится и сила, действующая со стороны тела на воду. Поэтому в этом случае перетянет чашка, на которой находится сосуд с водой.

9.19. После погружения тела в воду сила, действующая на правую чашку весов, уменьшится на величину, равную весу вытесненной телом воды. В свою очередь, сила, действующая на левую чашку весов, на столько же увеличится. Следовательно, для восстановления равновесия весов необходимо на чашку, на которой стоит шта- тив, положить груз, равный удвоенному весу воды, вытесненной погруженным телом.

9.20. 50 см^2 .

9.21. $\frac{7}{8} a^3$ единиц веса куба.

Указание. Объем куба уменьшится на $\frac{1}{8}$ часть первоначального объема.

9.22. $\approx 0,23 \text{ н.}$

9.23. $1,32 \text{ н.}$

Указание. На шар будет действовать сила тяжести и выталкивающая сила, равная весу воды, вытесненной погруженной частью шара. Поэтому динамометр покажет разность между весом шара и выталкивающей силой.

9.24. $16\,480 \text{ м}^3$.

9.25. Груз массой 125 г на чашку с гирями, уравновешивающими весы,

9.26. $6,9 \text{ см.}$

Указание. Когда вода в сосуде достигнет нижней грани кубика, давление его на подставки станет уменьшаться, так как начнет действовать выталкивающая сила, направленная вверх. По мере дальнейшего заполнения сосуда водой выталкивающая сила, действующая на кубик, будет возрастать, и, когда величина ее станет равной весу кубика, он перестанет давить на подставки.

9.27. $m = \rho_B \frac{\rho_M l^2 h}{\rho_B - \rho_M}$, где ρ_B и ρ_M — соответственно плотность воды и масла.

Решение. Так как брусок плавает, то его вес равен выталкивающей силе, действующей со стороны воды:

$$P = \rho_B g V, \quad (1)$$

где V — объем воды, вытесненной бруском.

Но брусок плавал и в масле, поэтому вес вытесненной воды равен весу вытесненного масла. Так как $\rho_B > \rho_M$, то объем масла, вытесненного бруском, будет на $l^2 h$ больше, чем объем вытесненной им воды. Поэтому можно записать.

$$\rho_B g V = \rho_M g (V + l^2 h),$$

откуда для V получим

$$V = \frac{\rho_B l^2 h}{\rho_B - \rho_M}. \quad (2)$$

Подставив выражение (2) в (1) и сократив на g , найдем

$$m = \rho_B \frac{\rho_M l^2 h}{\rho_B - \rho_M}.$$

9.28. 700 кг/м^3 ; 800 кг/м^3 .

9.29. Шар имеет полость объемом 30 см^3 .

9.30. $\rho = \frac{P_2 \rho_1 - P_1 \rho_2}{P_2 - P_1}$.

Решение. Вес тела P_1 в жидкости есть его собственный вес P , уменьшенный на величину выталкивающей силы F'_A , действующей на тело со стороны жидкости:

$$P_1 = P - F'_A. \quad (1)$$

Аналогично для второй жидкости запишем:

$$P_2 = P - F''_A, \quad (2)$$

где F''_A — выталкивающая сила, действующая со стороны жидкости с плотностью ρ_2 .

Так как

$$P = \rho gV; \quad (3)$$

$$F'_A = \rho_1 gV; \quad (4)$$

$$F''_A = \rho_2 gV, \quad (5)$$

где ρ — плотность тела, а V — его объем, то выражения (1) и (2) можно представить в следующем виде:

$$P_1 = \rho gV - \rho_1 gV = g(\rho - \rho_1)V; \quad (6)$$

$$P_2 = \rho gV - \rho_2 gV = g(\rho - \rho_2)V. \quad (7)$$

Выразив V из (6) и (7), получим соответственно

$$V = \frac{P_1}{g(\rho - \rho_1)}; \quad (8)$$

$$V = \frac{P_2}{g(\rho - \rho_2)}. \quad (9)$$

Приравняв правые части выражений (8) и (9) и решив полученное уравнение относительно ρ , найдем

$$\rho = \frac{P_2 \rho_1 - P_1 \rho_2}{P_2 - P_1}.$$

9.31. 0,5 см.

9.32. 1350 г.

9.33. $V_1 = V \frac{\rho_r - \rho_b}{\rho_{рт} - \rho_b}$, где ρ_r , ρ_b , $\rho_{рт}$ — соответственно плотность гранита, воды и ртути.

Решение. Так как гранит плавает, то его вес равен сумме весов ртути и воды, вытесненных гранитом:

$$\rho_r gV = \rho_{рт} gV_1 + \rho_b g(V - V_1).$$

Решив это уравнение относительно V_1 , найдем, что

$$V_1 = V \frac{\rho_r - \rho_b}{\rho_{рт} - \rho_b}.$$

9.34. $\approx 8,5$ кг.

Решение. Во взвешенном состоянии в воде алюминий и дерево будут находиться тогда, когда их средняя плотность, определяемая отношением суммы их масс к сумме объемов, будет равна плотности воды.

Поэтому можно записать:

$$\frac{m_{ал} + m_д}{V_{ал} + V_д} = \rho_b. \quad (1)$$

Так как

$$V_{ал} = \frac{m_{ал}}{\rho_{ал}}, \text{ а } V_д = \frac{m_д}{\rho_д},$$

где $\rho_{ал}$ и $\rho_д$ — соответственно плотность алюминия и дерева, то выражение (1) может быть представлено в таком виде:

$$\frac{m_{ал} + m_д}{\frac{m_{ал}}{\rho_{ал}} + \frac{m_д}{\rho_д}} = \rho_b. \quad (2)$$

Решив уравнение (2), получим:

$$\frac{m_{ал}}{m_д} = \frac{\rho_{ал}(\rho_b - \rho_д)}{\rho_д(\rho_{ал} - \rho_b)}. \quad (3)$$

Откуда

$$m_{ал} = m_д \frac{\rho_{ал}(\rho_b - \rho_д)}{\rho_д(\rho_{ал} - \rho_b)}.$$

Вычисления для $m_{ал}$ дают значение 8,1 кг.

9.35. 3 см.

9.36. 240 кг/м³.

9.37. ≈ 200 г.

Решение. Обозначим наружный объем шара через V , а объем меди, из которой изготовлен шар, через V_2 , тогда $V_2 = V - V_1$, а масса меди

$$m = \rho_m(V - V_1),$$

где ρ_m — плотность меди.

Выталкивающая сила воды, действующая на шар, равна

$$F_A = \rho_b gV,$$

где ρ_b — плотность воды.

Так как шар плавает во взвешенном состоянии, то условием равновесия будет

$$P = F_A,$$

или

$$\rho_m g(V - V_1) = \rho_b gV.$$

Сократив на g , получим:

$$\rho_m(V - V_1) = \rho_b V.$$

Решив это уравнение относительно V , найдем

$$V = \frac{\rho_m V_1}{\rho_m - \rho_b}.$$

Подставив числовые значения, определим

$$V = \frac{8,9 \cdot 17,75}{8,9-1} = \frac{157,975}{7,9} \approx 20 \text{ (см}^3\text{)}.$$

Тогда $V_2 = 20 \text{ см}^3 - 17,75 \text{ см}^3 = 2,25 \text{ см}^3$. Следовательно, масса меди, из которой изготовлен шар, равна $m = 8900 \text{ кг/м}^3 \cdot 2,25 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 \approx 0,02 \text{ кг} = 200 \text{ г}$.

$$9.38. h = \frac{S}{s} \cdot \frac{\rho_{пл} - \rho_B}{\rho_B} l.$$

Решение. Пластинка оторвется от трубки, когда сила давления воды F , действующая на пластинку снизу, будет уравновешена силой давления воды F_1 , действующей на выступающую часть пластинки сверху, и весом пластинки P .

Сила давления воды, действующая на пластинку снизу, $F = \rho_B g S (h + l)$, сила давления воды, действующая на выступающую часть пластинки сверху, $F_1 = \rho_B g (S - s) h$, и вес пластинки $P = \rho_{пл} g l S$.

Так как $F = F_1 + P$, то можно записать:

$$\rho_B g S (h + l) = \rho_B g (S - s) h + \rho_{пл} g l S,$$

или

$$\rho_B S h + \rho_B S l = \rho_B S h - \rho_B s h + \rho_{пл} S l.$$

Решив это уравнение относительно h , получим:

$$h = \frac{S}{s} \cdot \frac{\rho_{пл} - \rho_B}{\rho_B} l.$$

$$9.39. \rho = \rho_B \frac{Sl - sH - sl}{Sl}.$$

Решение. Пластинка будет находиться в равновесии, если сила давления воды, действующая на нее снизу, будет уравновешена силой давления воды, действующей на пластинку сверху, и весом пластинки.

Сила давления воды, действующая на пластинку сверху, равна

$$F_1 = \rho_B g HS, \quad (1)$$

сила давления воды, действующая на пластинку снизу, равна

$$F_2 = \rho_B g (H + l)(S - s). \quad (2)$$

В выражениях (1) и (2) ρ_B — плотность воды.

Так как $F_2 = F_1 + P$, где P — вес пластинки, то $P = F_2 - F_1$ или

$$\rho g l S = \rho_B g (H + l)(S - s) - \rho_B g HS. \quad (3)$$

Откуда

$$\rho = \frac{\rho_B (Sl - sH - sl)}{Sl}.$$

9.40. Потому что вес мешка с воздухом увеличивался на столько, на сколько увеличивалась выталкивающая сила воздуха, действующая на раздутый мешок. Для доказательства весомости воздуха достаточно было бы откачать воздух из какого-либо сосуда или накачать его в прочный сосуд.

9.41. Утверждения правильны, потому что на шары будет действовать выталкивающая сила воздуха. Неосуществимы эти проекты потому, что вес прочных металлических шаров, способных выдержать наружное давление воздуха, практически будет больше выталкивающей силы воздуха, действующей на шары.

9.42. Шар из эластичной резины поднимется на большую высоту.

Решение. На одной и той же высоте над землей у шара из эластичной резины будет больший объем, чем у шара из прорезиненной ткани. А это значит, что и выталкивающая сила воздуха, действующая на него, будет большей. Поэтому если на определенной высоте шар из прорезиненной ткани в воздухе будет находиться во взвешенном состоянии, то на шар из эластичной резины на этой высоте будет действовать некоторая дополнительная выталкивающая сила воздуха, которая и сместит его на более высокий уровень над поверхностью земли по сравнению с шаром из прорезиненной ткани.

9.43. Подъемная сила воздушного шара равна разности между весом воздуха в объеме шара и весом газа, заполняющего шар. Чем больше разница в плотностях воздуха и газа, заполняющего шар, тем больше подъемная сила. Поэтому подъемная сила шара больше на улице, где воздух менее прогрет.

9.44. Нарушится.

Решение. При изменении атмосферного давления архимедова сила, действующая со стороны окружающего воздуха на тела, находящиеся на чашках весов, меняется. Это обусловлено двумя причинами: во-первых, изменением плотности окружающего воздуха, во-вторых, изменением внешнего объема сосуда с водой, над которым находится колба. При повышении атмосферного давления уровень воды в сосуде несколько пони-

зится и внешний объем находящихся на левой чашке весов тел уменьшится. Поэтому на колбу и сосуд с водой станет действовать меньшая архимедова сила и чашка весов с колбой перевесит. При уменьшении атмосферного давления будет наблюдаться обратное явление — перевесит чашка весов, на которой находится груз, уравновешивающий весы.

9.45. Гири необходимо сделать из того же материала, что и взвешиваемое тело.

10. РАБОТА

10.1. При забивании гвоздя совершили большую работу, так как нужно было не только преодолеть силу трения, но и разрывать волокна дерева.

10.2. При вдвигании отвертки между линейками (при разъединении линеек) работа совершалась для раздвигания линеек. При вытаскивании отвертки нам помогает сила упругости стали, поэтому в этом случае мы должны совершить меньшую работу.

10.3. При вдвигании линейки мы совершаем большую работу, так как нужно преодолевать не только силу трения, но и силу тяжести, действующую на верхнюю книгу: мы ее несколько приподнимаем.

10.4. Может.

Указание. Показать это можно на следующем примере. На полу железнодорожного вагона стоит груз. Поезд начал двигаться. Груз под действием силы трения, действующей между ним и полом, переместится вместе с вагоном, не двигаясь относительно него. После того как вагон переместится на некоторое расстояние, груз приобретет энергию. Эту энергию он, очевидно, приобрел за счет работы, совершенной силой трения покоя, так как никакие другие силы на него не действуют.

10.5. Нет.

Указание. При подсчете работы следует учитывать собственный вес пружины.

10.6. Нет.

Решение. Пружина в ненапряженном состоянии под действием силы тяжести будет несколько провисать. Растягивая пружину, мы тем самым немного приподнимаем ее центральную часть. При этом необходимо совершить дополнительную работу.

10.7. Во втором случае мальчик совершает работу, в два раза большую, чем в первом.

Решение. Поднимаясь по свободно висящему канату на высоту, например, H , мальчик совершает работу PH , где P — его вес.

При подъеме по канату, перекинутому через блок, на ту же высоту мальчик совершает работу против силы, равной его весу, но на пути $2H$.

10.8. Во втором, при погружении доннышком книзу.

Указание. Учесть, что у бутылки внешний объем нижней части всегда больше объема верхней части.

10.9. При подъеме пробкового шарика была совершенная большая работа.

Решение. Работа по подъему деревянного шарика равна

$$A_1 = (F_A - P_1)h, \quad (1)$$

где F_A — архимедова сила, P_1 — его вес, h — глубина, с которой шарик начал всплывать.

Работа по подъему пробкового шарика равна

$$A_2 = (F_A - P_2)h, \quad (2)$$

где P_2 — его вес.

Так как объемы шариков одинаковы и равны V , то уравнения (1) и (2) можно записать в таком виде:

$$A_1 = (F_A - \rho_d g V)h;$$

$$A_2 = (F_A - \rho_n g V)h.$$

Так как $\rho_d > \rho_n$, то $A_1 < A_2$.

10.10. Да; работа уменьшится.

Решение. Как неподвижно стоящий, так и равномерно движущийся по эскалатору пассажир оказывает на эскалатор одинаковую силу давления, равную своему весу. Поэтому поведение пассажира, описанное в условии задачи, на силе двигателей эскалатора, совершающей работу по подъему лестницы и пассажира, никак не отразится. Между тем, двигаясь, пассажир совершает некоторую работу по своему подъему и раньше достигнет верха эскалатора. Следовательно, двигатели эскалатора произведут меньшую работу при подъеме движущегося пассажира, чем при подъеме неподвижно стоящего.

10.11. 100 Дж.

Решение. Сила, действующая на гвоздь при его удалении из бревна, убывает от $F=2$ кН до 0. Поэтому

для определения работы следует брать среднее значение силы ($1/2F$). Следовательно, работа будет равна

$$A = \frac{1}{2} Fl.$$

где l — длина гвоздя.

Вычисления дают $A = 100$ Дж.

10.12. $A = 1,5 Fa$.

Решение. Чтобы переместить пробку в трубке на пути a , надо совершить работу $A_1 = Fa$. При дальнейшем перемещении пробки сила будет убывать от F до 0. Поэтому работу надо находить для средней силы:

$A_2 = \frac{1}{2} Fa$. Следовательно, полная работа

$$A = A_1 + A_2 = Fa + \frac{1}{2} Fa = \frac{3}{2} Fa = 1,5 Fa.$$

10.13. 135 Дж.

Указание. См. решение предыдущей задачи.

10.14. ≈ 196 Дж.

Решение. Так как сила тяжести, действующая на канат, приложена к его центру, а центр каната поднят на половину его длины, то $A = P \frac{h}{2} = mg \frac{h}{2}$. Отсюда $A \approx 196$ Дж.

10.15. ≈ 14 Дж.

Указание. См. решение предыдущей задачи.

10.16. 650 Дж.

10.17. 9,8 кДж.

10.18. 7,84 Дж.

10.19. $\approx 0,18 g \rho_b S l^2$.

Решение. Сила, приложенная к бруску, при его погружении будет меняться пропорционально глубине погружения (в начальный момент она равна нулю). Так как $S = 2S_1$, то, чтобы брусок оказался под водой, его достаточно погрузить на $1/4$, потому что уровень воды в стакане поднимется также на $1/4$. Следовательно, чтобы брусок достиг дна, его надо погрузить еще на $1/4$ своей высоты. Общая работа

$$A = \frac{1}{2} A_1 + A_2, \quad (1)$$

где A_1 — работа, необходимая для того, чтобы полностью погрузить брусок в воду, A_2 — работа, необходимая для того, чтобы погрузить брусок, уже находящийся в воде.

Так как

$$A_1 = \frac{1}{2} (F_A - P) \frac{l}{4}, \quad (2)$$

(F_A — архимедова сила),

$$A_2 = (F_A - P) \frac{l}{4}, \quad (3)$$

то для работы A получим:

$$A = \frac{1}{2} (F_A - P) \frac{l}{4} + (F_A - P) \frac{l}{4} = \frac{3l}{8} (F_A - P).$$

Учтя, что $F_A = \rho_b g S l$, $P = \rho g S l$, и произведя соответствующие преобразования, найдем:

$$A = \frac{3}{8} g S l^2 (\rho_b - \rho) = \frac{3}{16} \rho_b g S l^2.$$

10.20. $F_H = 1,5 P$.

Решение. Если длину нити AB уменьшить на Δl , то перемещение точки D системы будет равно нулю. Точка C поднимется на Δl , точки B и A — на $2\Delta l$ и $3\Delta l$ соответственно. Очевидно, среднее значение перемещения отдельных взятых элементов системы $\Delta l_{cp} = \frac{0+3\Delta l}{2} = \frac{3}{2} \Delta l$.

Так как работа по сокращению нити равна работе по поднятию системы в целом, то можно записать:

$$F_H \Delta l = \frac{3}{2} \Delta l P,$$

где F_H — сила натяжения нити. Из полученного выражения определяем $F_H = 1,5 P$.

10.21. $3 P$.

Указание. См. решение предыдущей задачи.

10.22. ≈ 4 Дж.

Решение. Так как длина цепочки l , а масса цепочки m , то на единицу длины цепочки приходится масса m/l . Сила трения действует на часть цепочки, лежащую на столе. Когда на столе находится часть цепочки длиной $l - l_1$, где l_1 — длина части цепочки, спущенной со стола, то сила трения равна

$$F_{тр} = 0,1 \frac{m}{l} (l - l_1) g.$$

По условию задачи соскальзывание начинается тогда, когда часть цепочки длиной $l_1 = 0,2$ м свесится со стола. Значит, работа будет совершаться при изменении длины цепочки, находящейся на столе, от $l - l_1$ до 0. Поэтому работа, совершаемая против сил трения, равна по величине работе на пути $\frac{1}{2} (l - l_1)$. Следовательно, можно записать, что работа против сил трения

$$A = 0,1 \frac{m}{l} (l - l_1) g \cdot \frac{1}{2} (l - l_1),$$

или

$$A = 0,1 \frac{mg}{2l} (l - l_1)^2.$$

Произведя вычисления, получим $A = 3,969$ Дж ≈ 4 Дж.

10.23. $A_1 - A_2 = \frac{1}{2} g a^4 (\rho_{рт} - \rho_в)$, где $\rho_{рт}$, $\rho_в$ — соответственно плотность ртути и воды.

Указание. Работа по погружению в воду

$$A_1 = \rho_в g a^3 \frac{a}{2} = \frac{1}{2} \rho_в g a^4.$$

Работа по погружению в ртуть

$$A_2 = \rho_{рт} g a^3 \frac{a}{2} = \frac{1}{2} \rho_{рт} g a^4.$$

11. МОЩНОСТЬ

11.1. Скорость движения судна в морской воде увеличилась.

Решение. Плотность морской воды больше плотности пресной, поэтому глубина погружения судна в воду уменьшится. Следовательно, уменьшится сопротивление воды движению судна.

Если мощность при движении в реке $N = Fv$, а в море $N = F_1 v_1$, то, так как $F_1 < F$, $v_1 > v$. Значит, в море судно относительно воды будет двигаться с большей скоростью, чем в реке.

11.2. Не изменится.

Указание. Работа двигателей эскалатора, от того что мальчик движется по нему, не изменится (см. решение задачи 10.10), а меньшую работу двигатели совершат за соответственно меньшее время.

11.3. $\approx 75\%$.

11.4. ≈ 270 Вт.

11.5. $\approx 20,4$ мин.

11.6. ≈ 360 Вт.

11.7. ≈ 85 ходов.

11.8. 18,9 Вт.

11.9. 12,5 м/сек.

Решение. Общая мощность, развиваемая двигателями,

$$N = N_1 + N_2, \quad (1)$$

или

$$N = (F_1 + F_2) v, \quad (2)$$

где F_1 — сила сопротивления движению первого автомобиля, F_2 — сила сопротивления движению второго автомобиля, v — общая скорость, с которой будут двигаться автомобили.

При равномерном движении сила сопротивления уравновешивается силой тяги автомобилей.

Так как $N_1 = F_1 v_1$, а $N_2 = F_2 v_2$, то $F_1 = \frac{N_1}{v_1}$ и $F_2 = \frac{N_2}{v_2}$.

Подставив эти значения в выражения (2) с учетом равенства (1), получим:

$$N_1 + N_2 = \left(\frac{N_1}{v_1} + \frac{N_2}{v_2} \right) v. \quad (3)$$

Решив уравнение (3) относительно v , найдем

$$v = \frac{(N_1 + N_2) v_1 v_2}{N_1 v_2 + N_2 v_1}. \quad (4)$$

Произведя вычисления, получим $v = 12,5$ м/сек.

11.10. Решение. Предположим, что в некоторый момент канат не натянут (например, из-за того, что буксир попал на волну и потерял при этом скорость). При ненатянутом канате скорость буксируемой лодки вследствие сопротивления воды будет уменьшаться, а скорость буксира увеличиваться благодаря работе двигателя. Канат при этом будет натягиваться. Натяжение каната вызывает увеличение скорости буксируемой лодки и, в свою очередь, уменьшение скорости буксира. Натяжение каната убывает, и весь процесс повторяется снова.

12. ЭНЕРГИЯ

12.1. а) Уменьшаться; б) увеличиваться.

Указание. Напряженное состояние пружины при нагревании уменьшается (при значительном нагревании

может произойти отжиг и пружина вообще потеряет способность восстанавливать свою первоначальную форму). При охлаждении напряженное состояние пружины увеличивается.

12.2. Уменьшилась.

Указание. Потенциальная энергия системы сосуд—вода—шар уменьшилась, потому что при подъеме шара объем, занимаемый им, замещается водой, имеющей массу, большую, чем шар.

12.3. На Земле.

Указание. Следует учесть, что успех работы зависит от давления лопаты на грунт.

12.4. Не изменится.

12.5. Энергия деформированной пружины передалась раствору.

12.6. Да.

Указание. Потенциальная энергия зависит от выбора начального уровня.

12.7. Большой путь пролетит снежок, брошенный с площадки.

Указание. См. решение задачи 7.2.

12.8. За счет потенциальной энергии сжатого воздуха атмосферы (внизу у основания аэростата воздух сжат больше, чем у его вершины).

12.9. За счет уменьшения потенциальной энергии воды.

12.10. За счет уменьшения потенциальной энергии воздуха.

12.11. Всякая система стремится принять такое положение, при котором потенциальная энергия ее минимальна, а при встряхивании создаются как раз такие условия, при которых обеспечивается такое положение системы Земля—галька.

12.12. С учетом трения — больший ($l_1 > l$). Без учета трения $l = l_1$.

12.13. Меньшую потенциальную энергию имеет шарик в сосуде с водой.

Решение. Потенциальная энергия измеряется той работой, которую надо произвести, чтобы взаимодействующие тела приняли данное относительное положение (Земля—шарик). Работа по подъему шарика на высоту h от дна сосуда (Земля), когда шарик находится в воздухе, $A_1 = mgh$, где m — масса шарика. В случае когда шарик находится в воде, работа $A_2 = (mg - F_A)h$, где

F_A — архимедова сила. Сравнивая A_1 и A_2 , мы видим, что $A_1 > A_2$. Отсюда заключаем, что в сосуде с водой потенциальная энергия шарика будет меньше, чем в сосуде, в котором вода отсутствует.

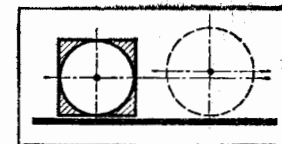


Рис. 20

12.14. Меньшую потенциальную энергию имеет шарик в сосуде с водой.

Указание. См. решение предыдущей задачи.

12.15. Можно.

Указание. Нужно, чтобы на гирию все время действовала сила 5 н . Тогда работа силы в 5 н на пути в 1 м будет равна 5 Дж . В этом случае за счет 5 Дж совершенной работы увеличивается как потенциальная энергия груза, так и его кинетическая энергия, т. е. груз поднимается с ускорением.

12.16. Энергия не исчезла. За счет работы, совершенной мальчиком, и кинетической энергии, потерянной камнем, увеличилась кинетическая энергия лодки.

12.17. Потенциальная энергия у шара меньше, чем у куба.

Решение. Сила тяжести у куба и шара приложена к их центру. Из рисунка 20 видно, что если бы центры их совпадали, то шар имел бы меньшую площадь сечения (на заштрихованную часть), а значит, и массу. Но по условию задачи массы их одинаковы. Значит, диаметр шара должен быть несколько больше высоты ребра куба. Пусть размеры его будут такими, как показано на рисунке пунктиром. Так как и куб, и шар стоят на полу, то центр шара будет расположен несколько выше центра куба. Но значит, на столько же он будет ниже у потолка. Отсюда можно заключить, что при подъеме шара от пола до соприкосновения с потолком будет произведена несколько меньшая работа. Поэтому шар у потолка приобретает меньшую потенциальную энергию, чем куб.

12.18. Для короткой.

Решение. Нить оборвется тогда, когда сила, приложенная к ней, будет равна разрывному усилию. При падении груз нить деформируется (удлинится). Падая, груз совершит работу по удлинению нити. Величина удлинения нити к моменту ее обрыва или остановки будет больше у той нити, которая имеет большую начальную длину. Так как потенциальная энергия по подъему

груза с уровня 1 на уровень 2 по закону сохранения энергии равна работе по деформации нити, то, чем больше путь, на котором совершится эта работа, тем меньше действующая на нить сила. Исходя из этого, можно заключить, что, чем длиннее нить, тем разрыв ее менее вероятен.

12.19. При подвешивании цепочки была совершена меньшая работа.

Указание. При подвешивании цепочка занимает такое положение, при котором ее потенциальная энергия минимальна.

$$12.20. l = \frac{\rho h}{\rho_B - \rho}.$$

Решение. Пусть масса тела m , масса вытесненной им воды m_B , объем тела V . Тогда архимедова сила, действующая на тело в воде, $F_A = m_B g = \rho_B g V$, а вес тела $P = mg = \rho g V$.

Кинетическая энергия тела у поверхности воды равна потенциальной энергии тела, поднятого над ней на высоту h , т. е. mgh . Работа по погружению тела от поверхности воды на глубину l равна $(F_A - P)l$.

На основании закона сохранения энергии можно записать:

$$mgh = (F_A - P)l,$$

или
$$\rho g V h = (\rho_B g V - \rho g V)l.$$

Решив полученное уравнение относительно l , найдем

$$l = \frac{\rho h}{\rho_B - \rho}.$$

12.21. Кинетическая энергия Земли не исчезает.

Решение. Земля движется вокруг Солнца не по круговой орбите, а по несколько вытянутой. При этом летом Земля находится на большем расстоянии от Солнца, чем зимой. Если зимой кинетическая энергия Земли несколько увеличивается, то, как показывают расчеты, на столько же уменьшается ее потенциальная энергия. Летом происходит обратное явление. Сумма же кинетической и потенциальной энергии Земли в любой точке ее орбиты остается величиной постоянной, что и должно быть в соответствии с законом сохранения энергии.

13. ТЕПЛОТА И РАБОТА

13.1. Слабо надутая шина нагреется больше.

Решение. При движении автомобиля шины его не-

прерывно деформируются. При деформации шины внутренняя энергия ее увеличивается. Так как слабо надутая шина деформируется в большей степени, чем хорошо надутая, то внутренняя энергия ее будет больше внутренней энергии хорошо надутой шины. Поэтому температура слабо надутой шины будет больше, чем температура шины хорошо надутой.

13.2. Нет.

Указание. Энергия, полученная от сжигания дров, зависит лишь от их массы. От того, что дрова будут подняты этажом выше, масса их не изменится. Потенциальная же энергия, которую приобретут при этом дрова, перейдет в потенциальную энергию продуктов сгорания.

13.3. Скорость тела уменьшилась потому, что часть кинетической энергии тела перешла во внутреннюю энергию пружины и других тел, окружающих ее (например, воздуха).

13.4. $2mgH$.

Указание. Чтобы втащить санки обратно на горку по тому же пути, нужно, во-первых, совершить работу по подъему санок на высоту H , равную mgH , и, во-вторых, совершить работу против сил трения.

13.5. Уменьшилась.

Указание. В правом колене потенциальная энергия ртути увеличилась, в левом — на столько же уменьшилась. Но в левом колене уменьшилась и потенциальная энергия груза. Следовательно, потенциальная энергия системы ртуть — груз в целом несколько уменьшилась.

13.6. $\frac{1}{2} Ph$.

Решение. При равновесии системы давления ртути на одном уровне (на уровне левого поршня) одинаковы, т. е. $\frac{P}{S} = 2\rho g h$, где ρ — плотность ртути.

Умножив правую и левую части этого уравнения на S , определим силу давления на ртуть на этом уровне:

$$2\rho g S h = P, \quad (1)$$

или

$$\frac{1}{2} P = \rho g V, \quad (2)$$

где $V = hS$ — объем столбика ртути высотой h .

В левом колене потенциальная энергия груза уменьшилась на величину

$$\Delta W_1 = Ph = 2\rho g V h. \quad (3)$$

Одновременно в правом колене увеличилась потенциальная энергия столбика ртути высотой h на $\rho g V h$. Следовательно, увеличение потенциальной энергии ртути в правом колене

$$\Delta W_2 = \rho g V h. \quad (4)$$

Полное изменение потенциальной энергии системы равно

$$\Delta W = \Delta W_2 - \Delta W_1. \quad (5)$$

Подставив в это уравнение выражения (4) и (3), запишем:

$$\Delta W = \rho g V h - 2 \rho g V h,$$

или

$$\Delta W = \frac{1}{2} P h - 2 \cdot \frac{1}{2} P h = -\frac{1}{2} P h.$$

Знак «—» показывает, что потенциальная энергия уменьшается.

13.7. 0,245 Дж.

Решение. Количество энергии, перешедшей во внутреннюю энергию, можно определить, используя закон сохранения энергии.

В начальный момент шарик обладал потенциальной энергией, равной работе по его подъему на высоту H : $W_1 = 0,05 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ н/кг} \cdot 2 \text{ м} = 0,98 \text{ Дж}$.

В конечный момент времени на высоте H_1 шарик обладал потенциальной энергией $W_2 = 0,05 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ н/кг} \times 1,5 \text{ м} = 0,735 \text{ Дж}$. Следовательно, потенциальная энергия шарика уменьшилась на $0,98 \text{ Дж} - 0,735 \text{ Дж} = 0,245 \text{ Дж}$.

13.8. В положении 1.

Решение. Воздух при нагревании расширяется. Когда трубка находится в положении 1, то воздух в ней, расширяясь, производит работу по подъему ртути. Эта работа совершается за счет сообщаемой воздуху энергии. Следовательно, на увеличение температуры будет расходоваться только часть энергии. Поэтому, чтобы воздух нагреть до такой же температуры, как и в случае 2, потребуются дополнительная энергия.

14. МЕХАНИЗМЫ

14.1. Можно. Для этого достаточно вырезать палку, толщина которой одинакова по всей длине, и использовать ее в качестве равноплечего рычага. При этом плечи

рычага могут быть измерены в любых, произвольно выбранных единицах меры длины.

14.2. При условии, если вес рычага будет равен удвоенному весу груза.

14.3. Не нарушится.

Решение. Шары выполнены из одного и того же материала (из стали), поэтому имеют объемы, пропорциональные их весам. При погружении шаров в воду силы, действующие на плечи рычага, уменьшатся на величины архимедовых сил, действующих на шары. Так как архимедовы силы, действующие на шары, пропорциональны их объемам, то относительное уменьшение сил, действующих на рычаг, будет одним и тем же для обоих концов рычага. Следовательно, если шары будут находиться в воде, то равновесие рычага не нарушится.

14.4. Равновесие не нарушится.

Указание. См. решение задачи 14.4.

14.5. Нарушится. Перетянет правая часть сосуда.

Решение. Сосуд с водой и льдом в нем следует рассматривать как неравноплечий рычаг. Представим себе, что лед заключен в невесомую плотную оболочку. После таяния льда образовавшаяся вода заняла бы объем, меньший, чем лед. Но вес воды остался бы равным весу льда. Следовательно, до таяния льда вес правой части сосуда был несколько меньшим, чем вес левой части его. Поэтому при установлении сосуда на опору для равновесия необходимо было сместить его несколько вправо относительно центральной части сосуда. Когда лед растает, уровень воды в сосуде понизится. Однако теперь в правой части сосуда будет воды больше, чем в левой (за счет растаявшего льда). Учтя также, что правое плечо больше левого, можно прийти к выводу, что перевесит правая часть сосуда.

14.6. Левая.

Решение. На кусок алюминия будет действовать выталкивающая сила $F_{1A} = \rho_v V_{ал}$, где $V_{ал} = \frac{m_1}{\rho_1}$ (ρ_v — плотность воды, ρ_1 — плотность алюминия). Следовательно, сила давления алюминия на дно сосуда

$$F_1 = P_1 - F_{1A}; \quad F_1 \approx 3,15 \text{ н.}$$

Аналогично определяем силу давления на дно куска свинца:

$$F_2 = P_2 - F_{2A}; \quad F_2 \approx 3,65 \text{ н.}$$

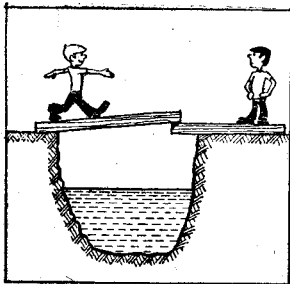


Рис. 21

Так как $F_2 > F_1$, то перетянет та часть сосуда, где находится кусок свинца, т. е. левая.

14.7. а) Перетянет шар;
б) перетянет цилиндр.

Указание. С изменением глубины погружения изменяется объем воздуха в цилиндре.

14.8. Изменится.

Указание. Так как доска деформируется, то степень ее деформации будет зависеть от того, в каких точках к ней приложены силы.

14.9. Решение задачи ясно из рисунка 21.

14.10. При закрывании дверь, как рычаг, позволяет легко преодолеть трение в петлях. Приобретая скорость, дверь по инерции захлопывается, преодолевая трение между нею и рамой. При открывании двери, кроме трения в петлях, ребенку необходимо преодолеть также трение покоя между дверью и рамой, на что требуется значительно большее усилие.

14.11. К верхней точке обода колеса.

Указание. Сила, приложенная к корпусу телеги, передается телегой, как твердым телом, оси колеса. Рассматривая колесо как рычаг, вращающийся вокруг точки соприкосновения колеса с землей, можно убедиться, что к верхней точке обода колеса необходимо приложить меньшую силу, чем к его оси.

14.12. Левый.

Решение. Пусть F — сила, прикладываемая к рычагу, а F_1 и F_2 — силы, действующие на левый и правый бруски соответственно (рис. 22, вид сверху). Из рисунка видно, что $F_1 = F + F_2$. Отсюда можно заключить, что при

любом значении силы F , приложенной к рычагу левее левого бруска, $F_1 > F_2$. Поэтому можно утверждать, что сдвинется левый брусок.

14.13. $\approx 0,125$ н.

Решение. Сделаем чертеж (рис. 23). Пусть длина проволоки l , а P — ее вес. Тогда можно записать:

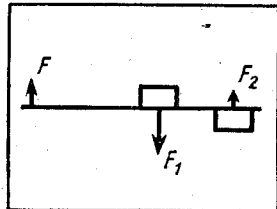


Рис. 22

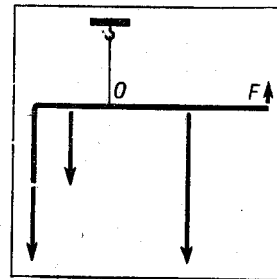


Рис. 23

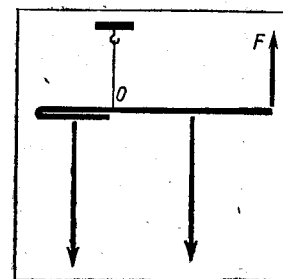


Рис. 24

$$F \frac{l}{2} + \frac{P}{4} \cdot \frac{l}{4} + \frac{P}{4} \cdot \frac{l}{8} = \frac{P}{2} \cdot \frac{l}{4}.$$

Подставив значение $P = 9,8 \text{ н/кг} \cdot 0,2 \text{ кг}$ и решив это уравнение относительно F , найдем $F \approx 0,125 \text{ н}$.

14.14. $\approx 0,25 \text{ н}$.

Решение. Сделаем чертеж (рис. 24). Пусть длина проволоки l , а P — ее вес, тогда можно записать:

$$\frac{P}{2} \cdot \frac{l}{8} + F \frac{l}{2} = \frac{P}{2} \cdot \frac{l}{4}.$$

Подставив числовые значения и решив это уравнение относительно F , найдем $F = 0,245 \text{ н}$.

14.15. 750 кг/м^3 .

Решение. Рассмотрим силы, действующие на палку. Вертикально вниз действует сила тяжести, приложенная в середине. Вертикально вверх — выталкивающая сила воды F_A , приложенная к середине части палки, находящейся в воде (рис. 25). Так как палка находится в равновесии, то

$$Pl = F_A \frac{3}{2} l.$$

Из этого уравнения находим

$$F_A = \frac{2}{3} P. \quad (1)$$

Но

$$P = 9,8 \frac{\text{н}}{\text{кг}} \rho V, \quad (2)$$

где ρ — плотность материала палки, V — ее объем, а

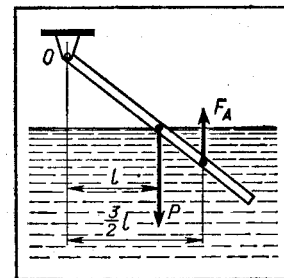


Рис. 25

$$F_A = 9,8 \frac{\text{н}}{\text{кг}} \rho_{\text{в}} \frac{V}{2}, \quad (3)$$

где $\rho_{\text{в}}$ — плотность воды.

Подставив соотношения (3) и (2) в выражение (1), получим:

$$9,8 \frac{\text{н}}{\text{кг}} \rho_{\text{в}} \frac{V}{2} = \frac{2}{3} \cdot 9,8 \frac{\text{н}}{\text{кг}} \rho V. \quad (4)$$

Решив это уравнение относительно ρ , найдем

$$\rho = \frac{3}{4} \rho_{\text{в}}.$$

$$\text{Откуда определяем } \rho = \frac{3}{4} \cdot 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 750 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

14.16. 800 г.

14.17. Перетянет левая чашка весов.

Решение. Пусть длина рычага l , а вес одного груза P . Если один груз снят с чашки весов и занимает положение, указанное на рисунке 14.10 пунктиром, то по часовой стрелке будут действовать две силы, приложенные к различным точкам рычага, а против часовой стрелки по-прежнему действует сила $2P$.

Посмотрим, чему равны произведения действующих сил на соответствующие плечи.

По часовой стрелке: $P \cdot \frac{1}{4}l + P \cdot \frac{1}{2}l$; против часовой стрелки: $2P \cdot \frac{l}{2}$. Так как $Pl > \frac{3}{4}Pl$, то, следовательно, левая чашка весов перетянет.

14.18. Нет.

Указание. От перемещения дощечки с грузом сила давления воды на дно сосуда не изменяется.

14.19. Не нарушится.

Указание. Вес системы (сообщающиеся сосуды — вода — пробка — шарик) останется неизменным, и точка приложения к ней силы тяжести останется на вертикали, проходящей через середину отрезка BC .

14.20. Не нарушится.

Указание. Вес системы сообщающиеся сосуды — вода — пробка — шарик не изменится. Шарик установится в центре дна сосудов. Поэтому сила натяжения нитей не изменится.

14.21. Решение ясно из рисунка 26.

14.22. Решение ясно из рисунка 27.

$$14.23. F = P \frac{R-r}{2R}.$$

Решение. Предположим, что под действием силы F точка A переместится на расстояние l . Тогда работа этой силы $A = Fl$ будет равна работе по подъему груза весом P на некоторую высоту h . При этом точка B поднимется также на l , а точка C опустится на $l \frac{r}{R}$.

Значит, высота h , на которую поднимется груз, будет равна:

$$h = \frac{1}{2} \left(l - l \frac{r}{R} \right).$$

Так как $Fl = Ph$, то можно записать:

$$\begin{aligned} Fl &= \frac{P}{2} \left(l - l \frac{r}{R} \right) = \\ &= \frac{Pl}{2} \left(1 - \frac{r}{R} \right). \end{aligned}$$

$$\text{Откуда } F = P \frac{R-r}{2R}.$$

$$14.24. F = P \frac{R-r}{2l}.$$

Решение. Рассматривая ворот как рычаг, легко видеть, что по часовой стрелке действуют сила F и сила, приложенная к валу радиусом r . Так как груз висит на двух веревках, то силы, действующие на валы, равны $\frac{1}{2}P$.

При равновесии должно быть:

$$Fl + \frac{1}{2} Pr = \frac{1}{2} PR,$$

или

$$Fl = \frac{1}{2} P (R-r),$$

$$\text{откуда } F = \frac{P(R-r)}{2l}.$$

14.25. 980 н.

14.26. $F_A = 24,5 \text{ кН}; F_B = 304,2 \text{ кН}.$

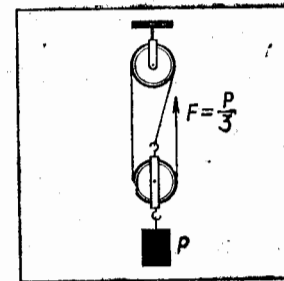


Рис. 26

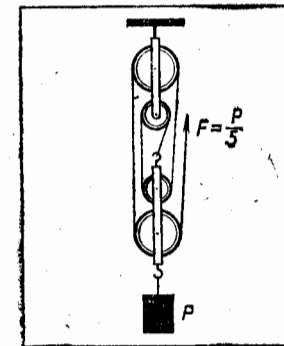


Рис. 27

Решение. Сила натяжения провода $F = 4 \cdot 9,8 \text{ н/кг} \cdot m = 3920 \text{ н}$. Такая же по величине сила действует на столб в верхней точке. При равновесии столб должно быть: $F_A \cdot AB = F \cdot H$. Решив это уравнение относительно F_A и подставив числовые значения, получим:

$$F_A = \frac{3920 \text{ н} \cdot 10 \text{ м}}{1,6 \text{ м}} = 24500 \text{ н} = 24,5 \text{ кн}.$$

При равновесии столба относительно точки A имеем:

$$F_B \cdot AB = F(H + AB).$$

Откуда находим

$$F_B = \frac{3920 \text{ н} \cdot 11,6 \text{ м}}{1,6 \text{ м}} = 304200 \text{ н} = 304,2 \text{ кн}.$$

14.27. Не нарушится.

Указание. Следует показать, что натяжение нити в любой точке ее после погружения груза в воду останется прежним. Следует показать также, что увеличение силы давления воды на дно сосуда компенсируется уменьшением силы давления блока на него.

14.28. 1) 12,5 н; 2) 13,5 н; 3) 0,25 м; 4) 25 вт; 5) $\approx 92\%$.

14.29. 225 н; 375 н; 180 кг.

Решение. Общий вес человека и платформы равен $9,8 \text{ н/кг} \cdot 900 \text{ кг} \approx 900 \text{ н}$. Этот вес распределяется на 4 веревки. Натяжения в 1 и 2 веревках распределяются поровну, и сила натяжения, действующая на каждую из них, будет равна 450 н. Силы натяжения, действующие на участках 3 и 4 веревки, равны между собой и равны $\frac{450}{2} \text{ н}$. Следовательно, человек должен тянуть веревку с силой 225 н.

Сила давления на платформу равна разности между весом человека и силой натяжения веревки, за которую он тянет, т. е.

$$600 \text{ н} - 225 \text{ н} = 375 \text{ н}.$$

Легко подсчитать, что максимальная масса платформы равна утроенной массе человека: $60 \text{ кг} \cdot 3 = 180 \text{ кг}$.

14.30. 125 н.

Указание. См. решение предыдущей задачи.

14.31. Рычаг не будет занимать вертикальное положение.

Указание. В положении a вес груза P уравновешивается силой трения у оси рычага и силой трения в блоке.

В положении b сила давления на ось блока меньше, чем в положении a , поэтому будет меньшей и сила трения в блоке. Вследствие этого нижний конец рычага будет смещаться влево.

14.32. 7,5 кДж.

14.33. 4,8 кн.

14.34. 5,6 кн.

14.35. $F_A \approx 1560 \text{ н}$; $F_B \approx 1140 \text{ н}$.

14.36. $F_B \approx 2,3 \text{ кн}$; $F_A \approx 1,2 \text{ кн}$.

14.37. 3,75 кн; 7,5 кн.

14.38. 40 н, независимо от того, в каком порядке расположены кубы.

14.39. 100 н.

Указание. Дверь можно рассматривать как рычаг, вращающийся в направлении плоскости двери. Пусть петли расположены слева. Нижняя петля является осью вращения. Сила тяжести, действующая на дверь, приложена к ее середине и вращает дверь по часовой стрелке. Верхняя петля удерживает дверь и действует с силой F , направленной против часовой стрелки. Плечо первой силы равно $\frac{1}{2}$ ширины двери. Плечо второй силы равно расстоянию между петлями.

14.40. 0,5 кн; изменится и будет равна 4 кн.

Указание. При решении учесть, что если начальная длина ребра куба была равна l , то при увеличении l в два раза масса куба увеличится в 8 раз.

14.41. 0,35 кн; 1,05 кн.

14.42. 2,4 кн; 3 кн.

14.43. 16 н.

Указание. Дощечку можно рассматривать как рычаг с осью вращения в точке C . При равновесии сила трения между стеной и дощечкой направлена вверх, сила тяжести груза — вниз.

14.44. 40%.

14.45. $F_1 = F$.

15. ТЕПЛОПЕРЕДАЧА И РАБОТА

15.1. Вся механическая энергия птицы при торможении в снегу превращается во внутреннюю энергию (закон сохранения энергии).

15.2. Задача допускает различные подходы к ее решению. Один из способов может быть таким. К шарам следует прикрепить примерно одинаковые кусочки воска. Под шары поместить одинаковые нагреватели. Вакуум не проводит тепла. Поэтому воск на шарѐ, в котором нет воздуха, будет плавиться за счет тепла, подводимого к нему через стекло, и конвекционных потоков теплого воздуха от спиртовки. В другом шарѐ, кроме этих причин, добавляются еще конвекционные потоки воздуха, которые образуются внутри шара. Поэтому воск на шарѐ с воздухом расплавится быстрее, чем на шарѐ, в котором воздух отсутствует.

15.3. Быстрее остынет до комнатной температуры чай более темный, т. е. круто заваренный.

15.4. Во втором случае (см. рис. 15.1, б) цилиндр остынет быстрее.

Указание. Излучающая поверхность цилиндра в этом случае больше.

15.5. Одним из способов может быть, например, такой. Поставить сосуды с водой на одинаковые горелки. Раньше закипит вода некипяченая.

15.6. Следует сообщить одним концам трубок одинаковое количество теплоты. В трубке, где воздух отсутствует, капелька ртути переместится под давлением паров ртути. В трубке с воздухом капелька переместится несколько больше, так как на нее будет действовать не только сила давления паров ртути, но и сила давления воздуха, которая при нагревании воздуха в ней несколько увеличится.

15.7. Сгорит быстрее свеча, что находится в холодном помещении.

Указание. Быстрота сгорания свечи зависит от количества содержащегося в воздухе кислорода. В холодном помещении плотность воздуха больше, чем в теплом. Поэтому в холодном помещении в единице объема воздуха содержится больше кислорода, чем в теплом.

15.8. Дно и нижние части стенок кофейника, соприкасавшиеся с пламенем горелки, имеют более высокую температуру, чем кипящая вода в нем. Поэтому передача теплоты воде продолжается еще некоторое время и после снятия кофейника с плиты.

15.9. Указание. Плотность березы больше плотности сосны. Поэтому масса 1 м^3 березовых дров больше массы 1 м^3 сосновых.

15.10. В лед, потому что наличие воздуха в снегу делает его менее теплопроводным.

15.11. Потенциальная энергия увеличится.

15.12. $27,6 \text{ кдж}$; $\approx 0,2 \text{ квт}$.

15.13. Свинец; в $\approx 6,7$ раза.

Решение. Пусть куски упали с высоты h . Находясь на этой высоте, они обладали потенциальной энергией, соответственно равной $P_{\text{ал}}h$ для алюминия и $P_{\text{св}}h$ для свинца (так как именно такую работу произвели бы эти тела, упав на землю).

За счет этой энергии произошло нагревание тел, т. е.

$$Q_{\text{ал}} = P_{\text{ал}}h \quad (1) \quad \text{и} \quad Q_{\text{св}} = P_{\text{св}}h. \quad (2)$$

Но

$$Q_{\text{ал}} = c_{\text{ал}}m_{\text{ал}}\Delta t_{\text{ал}}, \quad (3)$$

$$\text{а} \quad P_{\text{ал}} = m_{\text{ал}}g. \quad (4)$$

Поэтому уравнение (1) может быть записано в таком виде:

$$c_{\text{ал}}m_{\text{ал}}\Delta t_{\text{ал}} = m_{\text{ал}}gh. \quad (5)$$

Откуда

$$c_{\text{ал}}\Delta t_{\text{ал}} = gh. \quad (6)$$

Аналогично уравнение (2) может быть приведено к виду

$$c_{\text{св}}\Delta t_{\text{св}} = gh. \quad (7)$$

Приравняв левые части соотношений (6) и (7), получим:

$$\frac{\Delta t_{\text{св}}}{\Delta t_{\text{ал}}} = \frac{c_{\text{ал}}}{c_{\text{св}}}.$$

Вычисления дают $\frac{\Delta t_{\text{св}}}{\Delta t_{\text{ал}}} \approx 6,7$.

15.14. $8,4 \text{ км}$.

15.15. 44% .

Решение. Энергия, потребляемая электрической лампочкой за время $\tau = 300 \text{ сек}$, равна $W = N\tau$, где N — ее мощность. На нагревание воды затрачивается энергия $Q = cm\Delta t$. Остальная часть энергии в виде излучения выходит наружу. По отношению ко всей энергии эта часть составит:

$$\frac{W-Q}{W} = \frac{N\tau - cm\Delta t}{N\tau}.$$

Вычисления дают: $\frac{W-Q}{W} = 0,44$, или 44%.

15.16. ≈ 816 Дж/(кг·град). 15.19. $\approx 1^\circ\text{C}$.

15.17. $0,14^\circ\text{C}$. 15.20. $\approx 8\%$.

15.18. $\approx 1,24$.

15.21. $14,7$ Дж.

Решение. Пусть P — вес камня, а P_1 — вес вытесненной им воды. При погружении камня ко дну потенциальная энергия его уменьшается на величину PH , а потенциальная энергия воды возрастает на величину P_1H . Согласно закону сохранения энергии количество выделенной теплоты будет равно уменьшению потенциальной энергии системы камень—вода. Поэтому можем записать:

$$Q = PH - P_1H = (P - P_1)H.$$

Отсюда

$$Q = (0,5 \text{ кг} \cdot 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} - 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \times \\ \times 0,002 \text{ м}^3) 5 \text{ м} = 14,7 \text{ Дж}.$$

15.22. $\approx 37,5$ квт.

15.23. $\approx 4,8$ м/сек.

Решение. В соответствии с законом сохранения и превращения энергии запишем:

$$W = Q, \quad (1)$$

где W — энергия, выделившаяся при работе установки; Q — энергия, израсходованная на нагревание воды.

Но

$$W = N\tau \quad (2)$$

(τ — время работы установки), а

$$Q = cm \Delta t \quad (3)$$

(m — масса воды).

Подставив выражения (2) и (3) в (1), получим:

$$N\tau = cm \Delta t. \quad (4)$$

При движении воды со скоростью v по трубкам с сечением S за время τ проходит масса воды m , равная

$$m = \rho S v \tau. \quad (5)$$

Подставив выражение (5) в формулу (4), получим:

$$N = c \rho S v \Delta t.$$

Отсюда

$$v = \frac{N}{c \rho S \Delta t} \quad (6)$$

Вычисления дают $v \approx 4,8$ м/сек.

16. ИЗМЕНЕНИЕ АГРЕГАТНЫХ СОСТОЯНИЙ ВЕЩЕСТВА

16.1. Сгорание заряда пороха при выстреле происходит довольно быстро, и ствол орудия не успевает прогреться до температуры плавления.

16.2. Большая лунка образуется в первом случае.

Указание. В первом случае (см. рис. 16.1, а) основной запас внутренней энергии цилиндра сосредоточен в нижней части, где происходит непосредственный обмен энергии со льдом. Во втором случае (рис. 16.1, б) этот обмен несколько затруднен быстро охладившимся в месте соприкосновения со льдом металлом и плохой теплопроводностью воздуха в полости цилиндра.

16.3. Потому, что выделившаяся при кристаллизации воды энергия идет на нагревание льда.

16.4. Под шаром 2.

Указание. При решении учесть, что дно сосуда имеет более высокую температуру, чем кипящая вода в нем, поэтому благодаря хорошей теплопроводности стали шар 2 в месте его соприкосновения с дном сосуда будет иметь более высокую температуру.

16.5. Под цилиндром 2.

Указание. Учесть, что цилиндр 2 имеет большую площадь соприкосновения со льдом.

16.6. Примерный график показан на рисунке 28.

16.7. Медь обладает лучшей теплопроводностью, чем железо или сталь. Благодаря хорошей теплопроводности меди припой и материал, на который наносится припой, быстро нагревается. Медь также хорошо «смачивается» припоем, а это создает удобства в работе.

16.8. Быстрее.

Указание. Так как температура на улице ниже, чем в помещении, то плотность пара в помещении больше, чем на улице. Поэтому через открытую форточку часть пара из помещения будет выходить на улицу.

16.9. Можно, например, вначале хорошо охладить бидон с керосином в нем. Затем поместить его в теплое помещение. В помещении в результате конденсации пара на бидоне он покроется капельками воды. По ме-

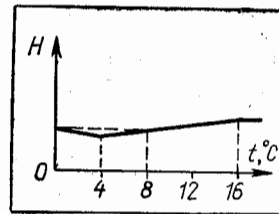


Рис. 28

ре нагревания бидона в теплом помещении вода на нем будет испаряться. Так как масса воздуха и паров бензина в верхней части его значительно меньше массы керосина, находящегося в нижней части бидона, то при нагревании бидона в теплом помещении испарение будет происходить быстрее с верхней части его. В результате в какой-то момент времени можно будет наблюдать резкую границу между сухой поверхностью бидона и частью его, еще покрытой капельками воды. Эта граница и укажет на уровень керосина в бидоне.

16.10. Указание. См. решение предыдущей задачи.

16.11. Нет.

Указание. Чтобы вода в полости макарон кипела, ей необходимо сообщать тепло от более нагретого тела. Вода в кастрюле не может быть нагретой выше температуры кипения. Поэтому температура воды в полости макарон может лишь сравняться с температурой воды в кастрюле.

16.12. Конденсацией пара.

Решение. При работе горелки конденсация пара в воздухе происходила на большом расстоянии и конденсат уносился конвекционными потоками воздуха. Поэтому видимость сконденсированных частиц пара отсутствовала. Когда горелку выключили, пар стал конденсироваться непосредственно над кастрюлей и сделался видимым.

16.13. В узкой трубке уровень воды будет расположен выше, чем в широкой.

Решение. С течением времени в широком колене образуется пар, который не отводится, так как кран закрыт. Поэтому давление над поверхностью воды в широком колене будет несколько больше, чем в узком. Следовательно, и уровни воды в них изменятся так, что в узкой трубке уровень воды относительно уровня его в широкой трубке несколько повысится.

16.14. Пробка может вылететь потому, что при встряхивании увеличивается поверхность испарения. А это влечет за собой увеличение давления пара.

16.15. Капелька ртути в трубке переместится влево.

Указание. При нагревании правой части трубки увеличивается давление паров ртути, находящихся в трубке справа.

16.16. Крышка остается на месте у того чайника, в котором меньше воды, и пар, образовавшийся над поверхностью кипятка, уходит через носик чайника. В дру-

гом чайнике воды больше и пар накапливается между поверхностью воды и крышкой. При достаточном давлении пара крышка поднимается и из чайника выходит порция пара.

16.17. Можно. Для этого достаточно понизить давление воздуха над поверхностью воды, поместив ее под колокол воздушного насоса и откачав из него воздух.

16.18. Не замерзнет.

16.19. $33,6 \cdot 10^4$ Дж/кг.

16.20. $\approx 0,57$ кг.

16.21. $\approx 5,3^\circ\text{C}$.

16.22. $\approx 1,2$ кг.

16.23. 0°C . Не растает еще ≈ 5 г льда.

16.24. $\approx 0,327$ кг.

16.25. $\approx -50^\circ\text{C}$.

16.26. 75 г.

16.27. $\approx 2,3$ Дж/кг.

16.28. ≈ 112 г.

16.29. ≈ 20 г.

16.30. $\approx 2,26$ кг.

Решение. В процессе работы при буксовании автомобиля внутренняя энергия снега увеличивается. За счет этой энергии снег нагревается до температуры плавления и плавится. Поэтому можно записать:

$$A = Q_1 + Q_2. \quad (1)$$

Так как $A = N\tau$, а $Q_1 = cm(t - t_0)$ и $Q_2 = \lambda m$, то уравнение (1) можно переписать в виде:

$$N\tau = cm(t - t_0) + \lambda m$$

или

$$N\tau = m[c(t - t_0) + \lambda].$$

Откуда

$$m = \frac{N\tau}{c(t - t_0) + \lambda}. \quad (2)$$

Подставив в (2) числовые значения и произведя вычисления, найдем $m \approx 2,26$ кг.

16.31. $m_1 \approx 0,87m$ (или $\approx 87\%$ от первоначальной массы).

Решение. Энергия, необходимая для образования пара, может быть получена за счет энергии, выделившейся при замораживании воды.

Пусть m_1 — масса образовавшегося льда, а m_2 — масса пара, тогда масса воды до замерзания

$$m = m_1 + m_2. \quad (1)$$

При кристаллизации воды массой m_1 выделяется количество теплоты, равное λm_1 .

Для испарения воды массой m_2 требуется количество теплоты, равное rm_2 .

В соответствии с законом сохранения энергии можно записать:

$$\lambda m_1 = rm_2. \quad (2)$$

С учетом соотношения (1) уравнение (2) примет вид:

$$\lambda m_1 = r(m - m_1).$$

Решив это уравнение относительно m_1 , найдем

$$m_1 = \frac{rm}{\lambda + r}. \quad (3)$$

Подставив числовые значения, получим $m_1 \approx 0,87m$, что составляет $\approx 87\%$ от первоначальной массы воды m .
16.32. Вода будет одновременно кипеть и замерзать.
16.33. $\approx 82,7^\circ\text{C}$.

17. ЭЛЕКТРОСТАТИКА

17.1. Достаточно коснуться рукой одной из гильз. Если после этого их взаимодействие прекратится, значит, мы коснулись заряженной гильзы.

17.2. Гильзы соприкоснутся, затем вновь разойдутся, но будут находиться на меньшем расстоянии одна от другой.

17.3. Да.

17.4. Можно поступить, например, так:

1) Сообщить одному из цилиндров какой-либо заряд, соединить их проводником и проводник удалить (или привести цилиндры в соприкосновение, затем раздвинуть их).

2) Внутри одного цилиндра, не касаясь его, внести какое-либо заряженное тело, например заряженный металлический шарик, прикоснуться к цилиндру пальцем и затем палец удалить. Цилиндр приобретет положительный заряд. То же самое сделать со вторым цилиндром.

17.5. Можно.

Решение. На внутренней поверхности цилиндра на-

капливается заряд, равный по величине заряду шарика, но противоположный ему по знаку, поэтому внешняя поверхность цилиндра будет иметь такой же заряд, как и шарик. Поэтому для определения знака заряда шарика достаточно наэлектризовать зарядом известного знака, например, легкий пробковый шарик, подвешенный на шелковой нити. Приближая его к цилиндру и наблюдая взаимодействие между ними, легко определить знак заряда шарика, находящегося внутри цилиндра.

17.6. Нет.

Указание. Заряд, наведенный на внешней поверхности сферы, будет равен заряду шарика.

17.7. Расстояние между шариками увеличится.

17.8. Можно поднести заряженный шарик к незаряженному и коснуться его пальцем (на короткое время заземлить). В результате этого шарик приобретет положительный заряд. Заряд первого шарика останется неизменным.

17.9. Указание. Вначале следует получить положительный заряд на каком-либо проводнике (см. предыдущую задачу). Затем поднести этот проводник к незаряженному шарiku и, коснувшись его пальцем, на короткое время заземлить.

17.10. Можно.

Решение. К заряженному шарiku нужно поднести незаряженный, предварительно укрепив его на изолирующей палочке, так, чтобы шарики не соприкасались, и кратковременно заземлить незаряженный шарик, коснувшись его пальцем. Тогда на этом шарике останется заряд, противоположный по знаку заряду заряженного шарика. Затем этот шарик ввести внутрь цилиндра и коснуться его. Весь заряд шарика перейдет на цилиндр и расположится на его внешней поверхности. Неоднократно повторяя этот процесс, можно получить заряд, во много раз превышающий заряд на заряженном шарике.

17.11. Отклонятся.

Указание. Под действием заряда оправы на металлическом стержне накопятся заряды противоположного знака, а у головки электроскопа и его листочков возникнет недостаток зарядов. Следовательно, листочки приобретут заряд, одноименный заряду оправы.

17.12. Такое явление могло произойти в том случае, если были заряжены одновременно электроскоп и его металлическая оправа,

Указание. См. пояснения к предыдущей задаче.

17.13. Был заряжен корпус электроскопа.

Указание. См. пояснения к задаче 17.11.

17.14. Можно.

Указание. Для этого необходимо на металлической пластинке получить положительный заряд, отведя от нее отрицательные заряды в землю. Это можно сделать, хорошо наэлектризовав суконкой одну из поверхностей эбонитовой пластинки. Если на металлической пластинке накопить достаточно большой заряд и поднести ее как можно ближе к головке электроскопа, то между нею и пластинкой может произойти искровой разряд, в результате которого электроскоп приобретет положительный заряд.

17.15. Булавка будет удаляться от палочки.

Указание. К наэлектризованной палочке притягивается не только булавка, но и вода. Вследствие притяжения воды под палочкой образуется бугорок, с которого, как с наклонной плоскости, булавка будет смещаться книзу.

18. ТОК. НАПРЯЖЕНИЕ. СОПРОТИВЛЕНИЕ ПРОВОДНИКОВ

18.1. Можно.

Решение. На дно сосуда из изоляционного материала нужно поместить металлическую пластинку с припаянным к ней изолированным проводником. Сосуд частично заполнить крепким водным раствором какой-либо соли или кислоты. Поверх этого раствора налить раствор щелочи, в который погрузить вторую пластинку, предварительно припаяв к ней такой же проводник, как и к нижней пластинке. Присоединив свободные концы проводников к измерительному прибору или к мало-вольтной (1 в) электрической лампочке, можно убедиться в том, что полученное устройство является источником тока.

18.2. Ответ зависит от того, был ли предварительно сообщен заряд батарейке и заряжен ли электроскоп. Предположим, батарейке был сообщен какой-либо заряд, а электроскоп не был заряжен. Очевидно, при касании любым полюсом головки электроскопа часть зарядов перейдет к его листочкам и они разойдутся.

Если в начале опыта электроскоп был заряжен, а батарейка заряда не имела, то после соединения проводни-

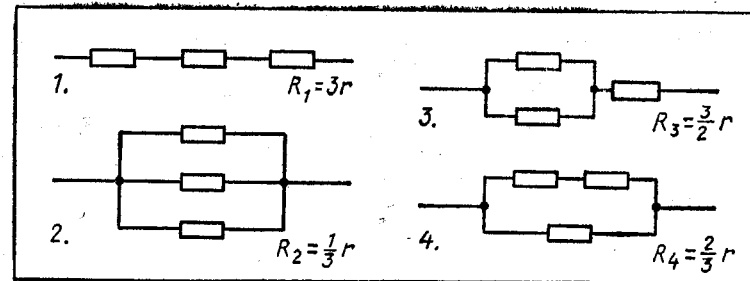


Рис. 29

ком любого полюса батарейки с головкой электроскопа часть зарядов от головки перейдет к батарейке и листочки несколько опадут. Если же ни батарейке, ни электроскопу предварительно заряд не был сообщен, то электроскоп не зарядится и листочки его не разойдутся. (Надо помнить, что суммарный заряд батарейки равен нулю.)

18.3. Амперметр будет показывать больший ток, так как при нагревании раствора увеличивается число ионов в нем.

18.4. Показания вольтметра V_1 будут увеличиваться, а V_2 — уменьшаться.

18.5. Показание амперметра A_1 уменьшится, а A_2 — увеличится.

Указание. Участок ab (см. рис. 18.2) состоит из двух параллельно включенных сопротивлений — сопротивления амперметра A_2 и сопротивления, включенного последовательно с ключом K . При размыкании ключа сопротивление участка ab увеличится, поэтому ток в цепи уменьшится, что и отразится на показаниях амперметра A_1 .

18.6. Показание амперметра увеличится.

Указание. Водный раствор медного купороса является проводником электрического тока. Поэтому, заполнив им трубку, мы как бы параллельно сопротивлению трубки включаем сопротивление, которым обладает раствор.

18.7. Решение ясно из рисунка 29.

18.8. Решение ясно из рисунка 30.

18.9.
$$\frac{R_{AC}}{R_{BD}} = \frac{8}{9}.$$

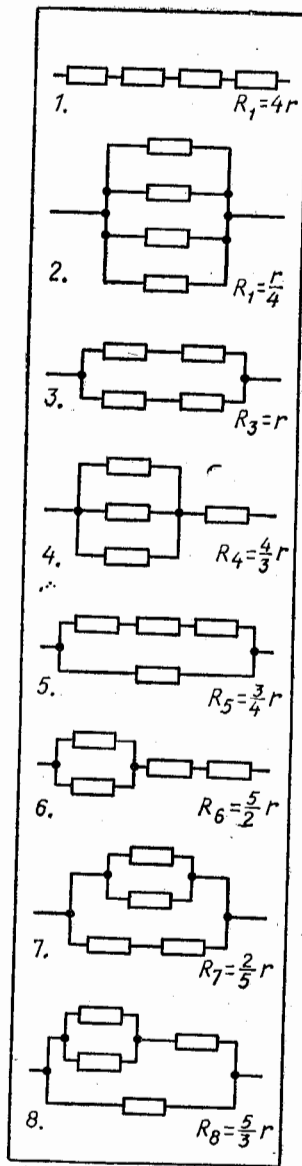


Рис. 30

18.10. $\frac{1}{2} r$.

Указание. В левом и правом сопротивлениях (на рисунке 18.5 они расположены вертикально) должны быть встречные и равные по величине токи. Это означает, что ток в них будет отсутствовать.

18.11. 10 ом.

Указание. Напряжения между точками A , C и B , D одинаковы. Поэтому можно считать, что точки A и C соединены вместе и к ним подключены одни концы сопротивлений, а к точкам B и D , соединенным вместе, подключены другие концы сопротивлений. Тогда эквивалентная (равноценная) схема будет иметь вид, изображенный на рисунке 31.

18.12. 3,6 ом. Указание. См. решение предыдущей задачи.

18.13. r .

Указание. Сопротивление между точкой A и точкой 1 равно r . Таким же оно будет и между точками A и 2 и т. д., так как верхняя составная часть параллельного соединения увеличивается от точки к точке на одно и то же сопротивление, равное r .

18.14. Надо взять 4 сопротивления, которые следует соединить так, как показано на схеме (рис. 32).

18.15. 5,5 а. 18.16. $\frac{13}{8}$ ом.

Решение ясно из рисунка 33, на котором изображены последовательные эквивалентные схемы и показано (пунктиром), какие сопротивления следует заменять эквивалентными.

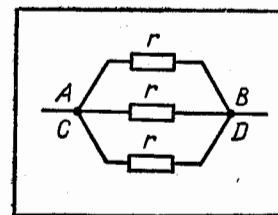


Рис. 31

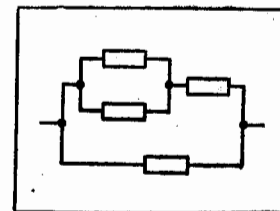


Рис. 32

18.17. 100 ом.

Решение. Включение сопротивления r_2 уменьшает ток через сопротивление r_1 в 6 раз. Поэтому, если ток в цепи до разветвления был равен I , то через сопротивление r_1 теперь будет течь ток, равный $\frac{I}{6}$, а через сопротивление r_2 — $\frac{5}{6} I$. Напряжение на сопротивлениях r_1 и r_2 одинаково, поэтому $\frac{I}{6} r_1 = \frac{5}{6} I r_2$. Откуда находим $r_2 = 24$ ом.

Так как сопротивления r_1 и r_2 включены параллельно, то их общее сопротивление R определится из уравнения

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2};$$

$$R = \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2} = 20 \text{ ом.}$$

Следовательно, сопротивление $r_3 = 120 \text{ ом} - 20 \text{ ом} = 100 \text{ ом}$.

18.18. $r_1 \approx 17,6 \text{ ом}$; $r_2 = 100 \text{ ом}$; $r_3 \approx 42,8 \text{ ом}$.

Решение. Пусть U_1 , U_2 и U_3 — напряжения на сопротивлениях r_1 , r_2 и r_3 соответственно, а U — напряжение на входе.

При незамкнутом выходе напряжение на входе равно сумме напряжений на сопротивлениях r_2 и r_3 , а их отношение равно отношению соответствующих сопротивлений. Поэтому можно записать:

$$U = U_1 + U_2 \text{ и } \frac{U_2}{U_3} = \frac{r_2}{r_3}.$$

Так как напряжение на выходе равно напряжению на сопротивлении r_3 , то получим:

$$\frac{r_2 + r_3}{r_3} = \frac{U_2 + U_3}{U_3} = \frac{100}{30}. \quad (1)$$

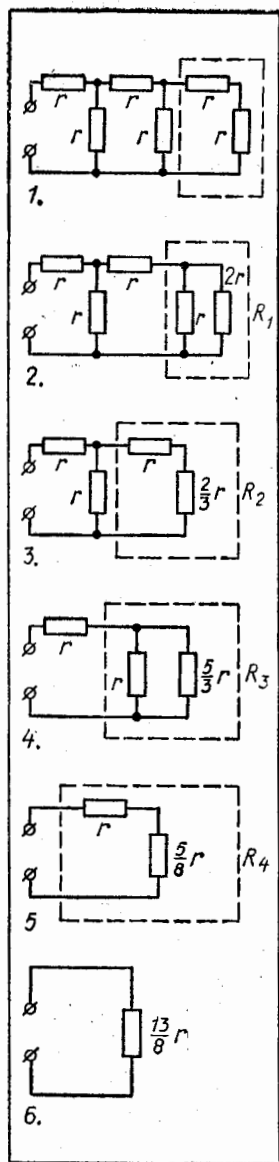


Рис. 33

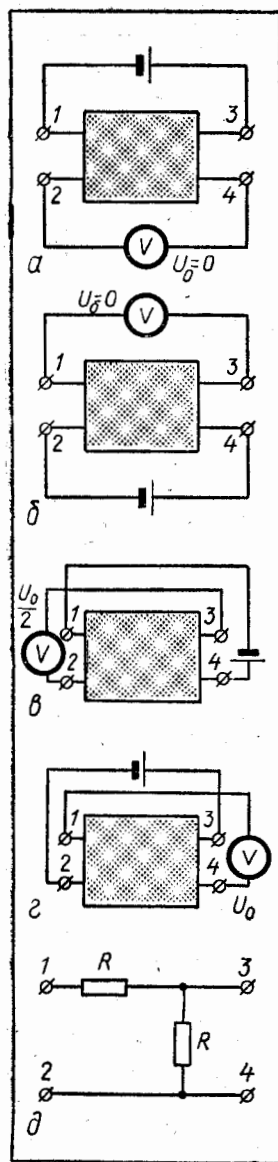


Рис. 34

Аналогично при подаче напряжения 100 в на выход цепи найдем отношение

$$\frac{r_2 + r_1}{r_1} = \frac{U_2 + U_1}{U_1} = \frac{100}{15}. \quad (2)$$

Если выход замкнут через амперметр, сопротивление которого мало, а на вход подано напряжение 100 в, то напряжение на входе практически равно напряжению на сопротивлении r_3 , через которое течет ток I , измеряемый амперметром. Следовательно, можно заключить, что

$$r_2 = \frac{U}{I} = 100 \text{ ом.}$$

Подставив это значение r_2 в выражения (2) и (1), найдем $r_1 \approx 17,6 \text{ ом}$ и $r_3 \approx 42,8 \text{ ом}$.

18.19. Решение. Подключим к клеммам 1, 2 батарейку, дающую напряжение U_0 , а к другой паре — вольтметр. Измерим напряжение на клеммах 3, 4. Вольтметр показывает $U_0/2$. (Такие результаты были получены учащимися.)

Меняем места источник тока и вольтметр. Измеряем напряжение на клеммах 1, 2; оно равно U_0 .

При двух других вариантах подключения батарейки к «черному ящику» (рис. 34, а, б) показания измерительного прибора равны нулю.

В вариантах, соответствующих другим схемам (рис. 34, в, г), показания вольтметра соответственно равны $U_0/2$ и U_0 .

Из проведенных измерений следует, что в «ящике» находится делитель напряжения (рис. 34, д)*.

18.20. Решение. Чтобы допустить меньшую погрешность при определении сопротивления проводника с помощью вольтметра и амперметра, необходимо учитывать сопротивления измерительных приборов.

Составим цепь по схеме (рис. 35, а). По показаниям амперметра I_1 и вольтметра U_1 мы можем определить сопротивление амперметра r_a .

По показаниям приборов, включенных по схеме рисунка 35, б, мы можем определить неизвестное сопротивление:

$$(R_x + r_a) I_2 = U_2,$$

* При подборе оборудования к задаче нужно учитывать, что сопротивление вольтметра должно быть много больше сопротивления R , в противном случае сопротивление вольтметра внесет искажение в работу делителя. R удобно взять равным 470 ом.

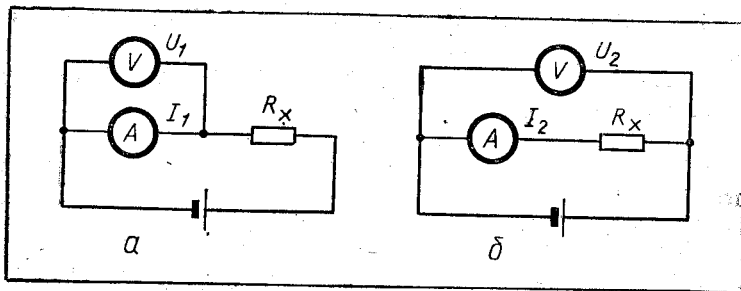


Рис. 35

откуда

$$R_x = \frac{U_2}{I_2} - r_a = \frac{U_2 I_1 - U_1 I_2}{I_1 I_2}.$$

(Сопротивлением соединительных проводников мы здесь пренебрегаем.)

18.21. 2 а.

Указание. Цепь, данную в условии, можно представить в виде, изображенном на рисунке 36. Общее сопротивление цепи равно $R=3 \text{ ом}$ (см. задачу 18.16).

19. РАБОТА И МОЩНОСТЬ ТОКА

19.1. Мощностью в 1 квт.

19.2. В схеме, изображенной на рисунке 19.1, а, так как во втором случае (рис. 19.1, б) дополнительно расходуется энергия на нагревание всего сопротивления.

19.3. Можно, так как напряжение распределится поровну и лампочки будут гореть в нормальном режиме.

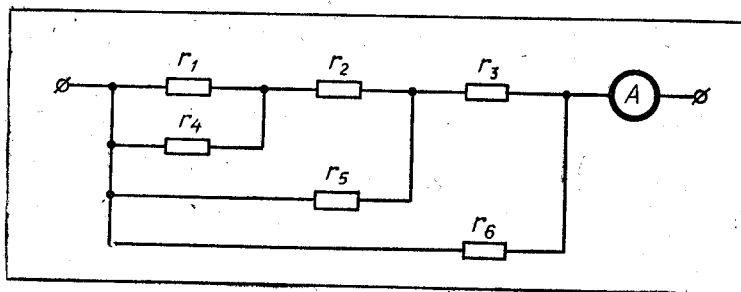


Рис. 36

19.4. Нельзя, так как лампочка большей мощности имеет меньшее сопротивление и на ней напряжение будет меньше 110 в. На лампочке меньшей мощности напряжение превысит 110 в и она может перегореть.

19.5. Нижнее.

Указание. Верхнее сопротивление включено последовательно с амперметром. Так как амперметр имеет некоторое внутреннее сопротивление, то сопротивление верхнего разветвления будет больше, чем нижнего. Поэтому через нижнее сопротивление потечет больший ток.

19.6. Лампочки одинаковой мощности нужно включить параллельно и затем получившиеся цепочки соединить последовательно.

19.7. Электроплитка с меньшим сопротивлением потребляет в 2,5 раза большую мощность.

Решение. Пусть напряжение в сети U , а P_1 , R_1 и P_2 , R_2 — мощность и сопротивление первой и второй плиток соответственно. Но $P_1 = \frac{U^2}{R_1}$, а $P_2 = \frac{U^2}{R_2}$, поэтому

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{U^2 R_2}{R_1 U^2} = \frac{R_2}{R_1}.$$

Это означает, что мощности, потребляемые плитками при параллельном включении их, обратно пропорциональны сопротивлениям плиток.

19.8. В электроплитке мощностью 360 вт.

Решение. При последовательном соединении сила тока в электроплитках одинакова. Но 360-ваттная электроплитка обладает большим сопротивлением, чем 500-ваттная, поэтому на основании формулы $Q = I^2 R$ получается, что большее количество теплоты будет выделяться той плиткой, сопротивление которой больше.

19.9. Вольтметр, подключенный к нерастянутой части спирали, будет показывать большее напряжение.

Указание. Учесть, что сопротивление металлического проводника зависит от его температуры.

19.10. $I_1 = I_2 \approx 0,23 \text{ а}$; $I_3 \approx 0,45 \text{ а}$ (схема включения изображена на рисунке 37; L_1 и L_2 — лампы мощностью 25 вт, L_3 — мощностью 50 вт).

19.11. $Q_a : Q_b : Q_c = 1 : 2 : 4$ (см. рис. 38 а, б, в).

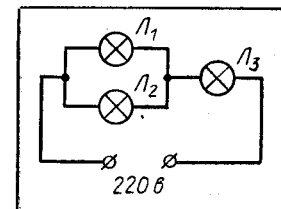


Рис. 37

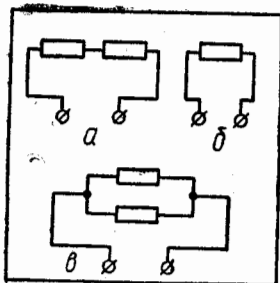


Рис. 38

19.12. Если поочередно замыкать ключи, то при замкнутом ключе (ключе) будем иметь:

1) K_1 ... лампы L_1 ... не горит, лампы L_3 и L_4 горят ярче. Лампа L_2 горит с нормальным накалом.

2) K_2 ... лампы L_3 и L_4 не горят; лампа L_1 светит ярче. Лампа L_2 горит с нормальным накалом.

3) K_3 ... лампы L_1 и L_3 не горят; лампа L_4 светит ярче. Лампа L_2 горит с нормальным накалом.

4) K_1 и K_2 ... все лампы гаснут (короткое замыкание).

5) K_2 и K_3 ... все лампы горят с одинаковым накалом.

6) K_1 , K_2 и K_3 ... все лампы гаснут (короткое замыкание).

19.13. 2,5 а; 2 а; 54 ом.

Решение. Через лампочку L_1 течет ток $I_1 = \frac{300 \text{ вт}}{120 \text{ в}} = 2,5 \text{ а}$.

Амперметр A будет показывать сумму токов I_1 и I_2 :

$$I = I_1 + I_2 = 2,5 \text{ а} + 2 \text{ а} = 4,5 \text{ а}.$$

Лампочка L_2 вместе с сопротивлением R находится под напряжением 120 в. Но рабочее напряжение лампочки L_2 12 в, следовательно, напряжение на сопротивлении составляет $U_2 = 120 \text{ в} - 12 \text{ в} = 108 \text{ в}$.

Так как лампочка L_2 и сопротивление соединены последовательно, то ток, идущий через сопротивление R , равен 2 а.

$$\text{Тогда } R = \frac{108 \text{ в}}{2 \text{ а}} = 54 \text{ ом}.$$

19.14. Лампочка L_2 . 19.15. В лампочке L_3 . 19.16. 20 вт.

19.17. 13,2 м/сек (или 47,52 км/ч).

19.18. 14,4 вт; 9,6 вт.

Решение. Обозначим мощности, которые будут потреблять лампочки при последовательном соединении, через P_1 и P_2 .

Тогда

$$P_1 = I^2 R_1 = \frac{U^2 R_1}{(R_1 + R)^2} \quad (1)$$

и

$$P_2 = I^2 R_2 = \frac{U^2 R_2}{(R_1 + R)^2} \quad (2)$$

Так как

$$P_1 = \frac{U^2}{R_1} \text{ и } P_2 = \frac{U^2}{R_2}, \text{ то}$$

$$R_1 = \frac{U^2}{P_1} \quad (3) \text{ и } R_2 = \frac{U^2}{P_2}. \quad (4)$$

Подставив выражение (3) в (1), а (4) в (2), получим:

$$P_1 = \frac{P_1 P_2^2}{(P_1 + P_2)^2} \text{ и } P_2 = \frac{P_2 P_1^2}{(P_1 + P_2)^2}.$$

Отсюда найдем

$$P_1 = 14,4 \text{ вт} \text{ и } P_2 = 9,6 \text{ вт}.$$

19.19. 3 ч; 45 мин.

Решение. Количество теплоты, необходимое для нагревания воды до кипения в самоваре и в чайнике, одинаково как при параллельном, так и при последовательном включении самовара и чайника в сеть. Поэтому расходуемая электроэнергия также будет одинаковой. Следовательно, для электроэнергии, потребляемой нагревательным элементом самовара, можно записать:

$$P_1 t = I^2 R_1 t_1 = \frac{U^2 R_1 t_1}{(R_1 + R_2)^2}, \quad (1)$$

где R_1 и R_2 — сопротивления нагревательных элементов самовара и чайника; I — сила тока в нагревательных элементах (самовара и чайника).

Так как $P_1 = \frac{U^2}{R_1}$, то, подставив значение P_1 в уравнение (1) и решив его относительно t_1 , найдем

$$t_1 = \left(\frac{P_1 + P_2}{P_2} \right)^2 t. \quad (2)$$

Аналогично для чайника найдем

$$P_2 t = \frac{U^2 R_2 t_2}{(R_1 + R_2)^2}. \quad (3)$$

Откуда

$$t_2 = \frac{(P_1 + P_2)^2}{P_1} t. \quad (4)$$

Вычисления дают $t_1 = 3 \text{ ч}$, $t_2 = 0,75 \text{ ч}$.

19.20. 3570 дж/(кг·град).

Решение. Внутренняя энергия жидкостей изменяется за счет теплоты, выделенной при прохождении тока по проволочкам. Так как проволочки одинаковы, то при прохождении тока по ним выделяется одинаковое количество теплоты. При этом внутренняя энергия воды увеличится на

$$Q = c_v m_v \Delta t_v, \quad (1)$$

а внутренняя энергия жидкости увеличится на

$$Q = c m_{ж} \Delta t_{ж}. \quad (2)$$

Так как $m_{ж} = m_v$, то, сравнивая выражения (1) и (2), получим:

$$c_v \Delta t_v = c \Delta t_{ж},$$

откуда

$$c = \frac{c_v \Delta t_v}{\Delta t_{ж}}. \quad (3)$$

Вычисления дают $c = 3570$ дж/(кг·град).

20. МАГНИТНЫЕ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

20.1. Нет, так как труба является прямым проводником с током, а магнитное поле проводника с током существует вне проводника (снаружи трубы).

20.2. Силовые линии магнитного поля такой катушки представляют собой окружности, расположенные внутри катушки.

20.3. Проводники сближаются под действием магнитного поля, возникающего вокруг них при прохождении по ним тока. Витки пружины представляют собой параллельно расположенные проводники, по которым течет ток в одном направлении. При замыкании цепи витки пружины будут притягиваться друг к другу. Это вызовет замыкание цепи. Магнитное поле исчезнет, и пружина под действием силы тяжести распрямится, а нижний конец пружины опустится в ртуть и замкнет цепь. Этот процесс вновь повторится, и пружина, размыкая и замыкая цепь, будет совершать колебательное движение.

20.4. Да.

20.5. Шарик будет притягиваться к магниту, как если бы он притягивался к любому поднесенному к нему не-

заряженному телу. (Магнитное поле на неподвижный заряд не действует.)

20.6. Листочки электроскопа несколько опадут.

Указание. См. предыдущую задачу.

20.7. Нет.

20.8. Да.

20.9. Да.

20.10. Можно.

20.11. Указание. Одну из спиц поднести к середине другой.

20.12. Указание. По действию конца одного стержня на середину другого (один из стержней может быть подвешен к динамометру или помещен на поплавок).

20.13. Нет.

Указание. Магнитное поле каждого магнита будет слабее.

20.14. Кольцо надо расположить так, чтобы его плоскость была перпендикулярна направлению магнитных силовых линий Земли, и вращать его вокруг горизонтального диаметра.

20.15. В кольце возникает индукционный ток такого направления, при котором его магнитное поле препятствует изменению магнитного поля катушки, вызвавшему этот ток.

20.16. Большая энергия будет затрачена для вращения рамки, изготовленной из материала с меньшим удельным сопротивлением.

20.17. В кольце индуцируется ток. По правилу правой руки можно определить, что индуцированный ток в кольце направлен по часовой стрелке (если смотреть на кольцо сверху). Этот ток, в свою очередь, создает магнитное поле вокруг кольца. По правилу буравчика определяем, что над кольцом возникает южный магнитный полюс. Взаимодействие магнитных полей кольца и магнита и вызывает движение кольца вверх.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Юному физику	3
1. Измерения	4
2. Тепловое расширение тел	6
3. Плотность	9
4. Механическое движение	11
5. Давление газов	15
6. Давление жидкостей	17
7. Движение и силы	21
8. Атмосферное давление	24
9. Архимедова сила	28
10. Работа	34
11. Мощность	36
12. Энергия	38
13. Теплота и работа	40
14. Механизмы	42
15. Теплопередача и работа	52
16. Изменение агрегатных состояний вещества	54
17. Электростатика	58
18. Ток. Напряжение. Сопротивление проводников	60
19. Работа и мощность тока	63
20. Магнитные и электромагнитные явления	67
Ответы, указания, решения	69

Владимир Иванович Лукашик
ФИЗИЧЕСКАЯ ОЛИМПИАДА
в 6—7 классах

Редактор В. А. Обменина. Художник М. К. Шевцов. Художественный редактор
Т. А. Алябьева Технический редактор Л. Я. Медведев

Корректор Л. А. Козлова

Сдано в набор 16/II 1976 г. Подписано к печати 11/VI 1976 г.
84×108/32. Бумага типогр. № 3. Печ. л. 4,5. Условн. л. 7,56. Уч.-изд. л. 7,42.
Тираж 150 000 экз.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Просвещение» Государст-
венного комитета Совета Министров РСФСР по делам издательства, полиграфии
и книжной торговли. Москва, 3-й проезд Марьиной рощи, 41.

Типография № 2, Росглаволиграфпрома, г. Рыбинск, ул. Чкалова, 8,
Зак. 636.

Цена 20 к.