КАЗАНСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ
Центр «Олимпиадная физика»

А. Е. ЗАЯЦ, Т. М. ШАКИРОВ, П. А. ГУСИХИН

ОТКРЫТАЯ ГОРОДСКАЯ ОЛИМПИАДА ПО ФИЗИКЕ

Задачи и решения

Казань – 2014

УДК 53(076.1)

Печатается по решению Редакционно-издательского совета
ФГАОУВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

Учебно-методической комиссии Института физики
Протокол № 6 от 25 июня 2014 г.

заседания кафедры теории относительности и гравитации
Протокол № 6 от 20 июня 2014 г.

Рецензент: *доктор физ.-мат. наук, профессор КФУ А. И. Фишман*

А. Е. Заяц, Т. М. Шакиров, П. А. Гусихин.
Открытая городская олимпиада по физике. Задачи и решения. — Казань, 2014. — 24 стр.

Данное учебно-методическое пособие содержит задачи, предлагавшиеся участникам Открытой городской олимпиады по физике, прошедшей в г. Казань 20 апреля 2014 г.

Пособие предназначено для учащихся, углублённо изучающих физику в средней школе, учителей физики и студентов научно-педагогического отделения.

© Казанский федеральный университет. 2014

© А. Е. Заяц, Т. М. Шакиров, П. А. Гусихин. 2014

Содержание

ПРЕДИСЛОВИЕ

Городские физико-математические олимпиады 6-8 классов, проводившиеся на физическом факультете Казанского университета, вели свою историю с конца 1980-х годов. Для многих школьников эти олимпиады были первым опытом олимпиадной борьбы, знакомством с этим видом интеллектуальных соревнований. Впоследствии, с развитием олимпиадного движения в Казани и в Республике Татарстан в целом, из физико-математических олимпиад выделилась городская олимпиада по физике для учащихся 7-8 классов. Ежегодно в ней принимали участие около ста учащихся. Последнее, на сегодняшний момент, соревнование подобного рода и масштаба прошло в декабре 2008 года.

В 2014 г. руководство Института физики КФУ решило возродить эту традицию и провести после более чем пятилетнего перерыва очередную Открытую городскую олимпиаду школьников по физике среди учащихся 7 и 8 классов. В олимпиаде приняли участие 115 семиклассников и 76 восьмиклассников из 39 школ, лицеев и гимназий г. Казань.

Данное учебно-методическое пособие содержит задачи, предлагавшиеся участникам прошедшей олимпиады, их решения, а также программу городской олимпиады, которая, как надеются авторы, будет полезна при подготовке учащихся к будущим олимпиадам по физике.

УСЛОВИЯ ЗАДАЧ

7 класс

Задача 7.1. Скорость велосипеда.

Семиклассник Петя, катаясь на велосипеде, заметил, что при езде по прямой горизонтальной дороге он может делать не больше 5 оборотов педалей за 2 с. Петя знает, что диаметр большой «звёздочки» его велосипеда равен 15 см, маленькой — 5 см, а диаметр колес — 50 см. Используя эти данные, помогите Пете вычислить, с какой максимальной скоростью он может ехать по прямой горизонтальной дороге, если колеса велосипеда не пробуксовывают.

Примечание. Диаметр D и длина окружности L связаны соотношением $L = \pi D$, где $\pi \approx 3{,}14$.

(Т. М. Шакиров)

Задача 7.2. «Вкусный» эксперимент.

К эластичному мешку с $m_к = 1$ кг сушёной кукурузы привязали чугунную гирю массой $m_г = 1$ кг и кинули в чан с очень горячим маслом (температура около 200 °C). При этой температуре кукуруза превращается в попкорн, в результате чего её плотность уменьшается с $\rho_1 = 760$ кг/м^3 до $\rho_2 = 30$ кг/м^3. Через какое время мешок начнёт всплывать на поверхность, если попкорн получается со скоростью $\upsilon = 1{,}5$ г/с? Плотность чугуна $\rho_Ч = 7000$ кг/м^3, плотность масла $\rho_М = 900$ кг/м^3.

(П. А. Гусихин, А. Е. Заяц)

Задача 7.3. Дорога к дому.

Половину всего пути к своему загородному дому велосипедист Б. Айкер ехал по шоссе с постоянной скоростью $\upsilon_1 = 40$ км/ч, затем он свернул на просёлочную дорогу и ехал по ней половину **всего времени** со скоростью $\upsilon_2 = 15$ км/ч. При подъезде к дому дорога оказалась совсем разбитой, и велосипедисту пришлось снизить скорость до $\upsilon_3 = 10$ км/ч. Найдите среднюю скорость Б. Айкера на всём пути.

(Т. М. Шакиров)

Задача 7.4. Сосуд с перегородкой.

В сосуде (см. рис. 1) имеется вертикальная деревянная перегородка высотой h = 20 см, делящая его на две равные части и способная свободно перемещаться вверх-вниз по сделанным на боковых стенках специальным направляющим. Сначала в сосуд налили воду так, чтобы перегородка лишь слегка касалась дна. Затем в правую часть сосуда медленно наливают керосин.

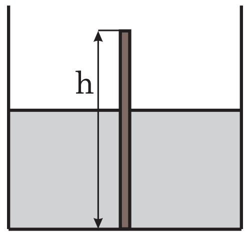


Рис. 1.

а) Найти максимальную высоту слоя керосина в правой части сосуда, при которой он ещё не попадает в левую половину.

б) На какую высоту относительно дна поднимется перегородка в этом случае? Плотности дерева, керосина и воды равны $\rho_Д =$ $= 600$ кг/м^3, $\rho_К = 800$ кг/м^3 и $\rho_В = 1000$ кг/м^3 соответственно. Площадь основания перегородки пренебрежимо мала по сравнению с площадью дна сосуда.

(А. Е. Заяц)

Задача 7.5. Весёлые буквы.

Крокодил Гена решил оформить стенд о своих научных достижениях. После того, как он выпилил буквы своего имени из листа фанеры, Гена не удержался и решил с ними поэкспериментировать. Оказалось, когда буква «Н» лежит на букве «Г», они оказывают давление на стол, равное 150 Па. Если же буква «Г» лежит на букве «Н», то давление на стол равно 100 Па. Найти массы обеих букв и давление, оказываемое одной буквой, если ширина букв равна a = = 6 см, высота равна b = 8 см, а толщина линий d везде одна и та же (см. рис. 2).

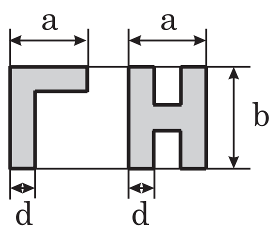


Рис. 2.

(А. Е. Заяц)

8 класс

Задача 8.1. Затор на дороге.

По однополосной дороге мимо неподвижного наблюдателя автомобили проезжают со скоростью $\upsilon = 15$ м/с и с частотой $n = 20$ автомобилей в минуту. В некоторый момент на дороге произошло ДТП, в результате чего дорога оказалась полностью перекрытой, и на ней образовался затор. Считая, что средняя длина автомобилей равна $L = 5$ м, а дистанция между автомобилями в заторе равна $d = 1$ м, определите среднюю скорость увеличения длины затора.

(П. А. Гусихин)

Задача 8.2. Сложный механизм.

Груз какой массы можно поднять, прикладывая силу $F = 100$ Н, если использовать механизм, состоящий из двух одинаковых гидравлических машин и невесомого рычага, способного вращаться вокруг точки O (см. рис. 3)? Площади малого и большого поршней равны $S_1 = 50$ см^2 и $S_2 = 250$ см^2.

(А. Е. Заяц)

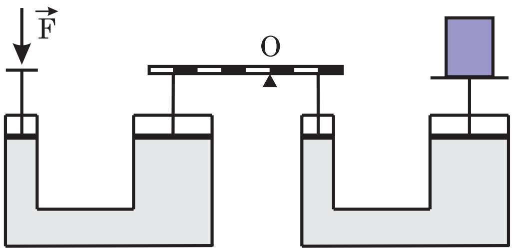


Рис. 3.

Задача 8.3. Маломощный чайник.

Восьмиклассник Петя решил вскипятить воду для чая, однако в его распоряжении оказался только небольшой чайник собственной конструкции. Петя выяснил, что если напряжение на выводах нагревательного элемента составляет $U_1 = 10$ В, вода в чайнике нагревается только до $t_1 = 30\,^\circ$C; при напряжении $U_2 = 20$ В максимальная температура воды увеличивается до $t_2 = 40\,^\circ$C.

При каком напряжении вода в таком чайнике может быть доведена до кипения? Сопротивление нагревательного элемента не зависит от его температуры.
Примечание. Количество теплоты, отданное нагретым телом за единицу времени, пропорционально разности температур между телом и окружающим воздухом. Температура воздуха во время экспериментов оставалась постоянной.

(А. Е. Заяц)

Задача 8.4. Чудеса новых технологий.
Профессор У. Шизз во время экспериментов с изобретённым им новым материалом случайно уронил брусок из этого материала в жидкий азот, где тот остыл до $-196\,^\circ$C. Достав брусок из жидкого азота, профессор Шизз, чтобы быстрее его нагреть, опустил брусок в большой сосуд с водой при температуре $0\,^\circ$C. В сосуде брусок вначале утонул, а затем всплыл. При какой максимальной плотности материала он может себя так странно вести? Измеренная профессором удельная теплоёмкость изобретённого материала равна 990 Дж/(кг · °C), а удельная теплота плавления льда — 330 кДж/кг, плотность воды — 1000 кг/м^3, плотность льда — 900 кг/м^3.

(Т. М. Шакиров)

Задача 8.5. Мышка из проволоки.
Школьник Петя Иванов спаял из однородной проволоки фигуру, изображённую на рис. 4. Затем он измерил сопротивление между различными точками этой фигуры. Измерения показали, что R_{AB} = 30 Ом, R_{BC} = 70 Ом, R_{AC} = 72 Ом, R_{CD} = 68 Ом. Найти длину участков AB, BC и AC, если AD = 12 см.

(А. Е. Заяц)

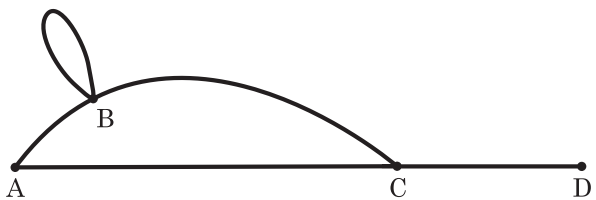


Рис. 4.

ОТВЕТЫ И РЕШЕНИЯ

Задача 7.1. Скорость велосипеда.

Ответ: $\upsilon \approx 11{,}8\ \frac{м}{с} \approx 42{,}4\ \frac{км}{ч}$.

Рис. 5.

Решение: Вращение педалей велосипеда поворачивает большую «звёздочку», которая двигает цепь (рис. 5). Звенья цепи, попадающие на зубцы «звёздочки», движутся вместе с ней и проходят то же самое расстояние, что и зубцы «звёздочки», которые их цепляют. Из этого следует, что при одном повороте большой «звёздочки» цепь смещается на расстояние, равное длине её окружности, то есть, $L = \pi D_Б$ (L — смещение сегментов цепи, а $D_Б$ — диаметр большой «звёздочки»). Движущаяся цепь вращает маленькую «звёздочку», но она поворачивается на один полный оборот при меньшем смещении цепи, чем большая. Пусть l — смещение цепи, дающее один полный оборот маленькой «звёздочки», а $D_М$ — диаметр маленькой «звёздочки» ($l = \pi D_М$). Тогда за один оборот большой «звёздочки» маленькая делает

$$n = \frac{L}{l} = \frac{\pi D_Б}{\pi D_М} = \frac{D_Б}{D_М} = \frac{15\ см}{5\ см} = 3\ оборота.$$

Маленькая «звёздочка» жёстко соединена с колесом, поэтому за один оборот маленькой «звёздочки» колесо тоже делает один оборот. Велосипед проезжает за это время путь $s = \pi D_K$, где D_K — диаметр колеса велосипеда. Так как за время $t = 2$ с Петя может сделать 5 оборотов педалей, то за это же самое время маленькая «звёздочка» сделает $5 \times 3 = 15$ оборотов. Такое же число оборотов сделают и колеса велосипеда. В этом случае, путь велосипеда составит $S = 15s = 15\pi D_K$, и, следовательно, его скорость будет равна

$$\upsilon = \frac{S}{t} = \frac{15\pi D_K}{t} = \frac{15 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}5\ \text{м}}{2\ \text{с}} \approx 11{,}8\ \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 42{,}4\ \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$$

Задача 7.2. «Вкусный» эксперимент.

Ответ: $t \approx 16$ с.

Решение: При превращении кукурузы в попкорн, меняется объём мешка, а масса остаётся равной $m_к = 1$ кг. Масса кукурузы, превратившейся за время t в попкорн, равна $m_П = \upsilon t$. Следовательно, объём попкорна будет равен $V_П = \dfrac{\upsilon t}{\rho_2}$, а объём оставшейся кукурузы — $V_К = \dfrac{m_к - \upsilon t}{\rho_1}$. Мешок начнёт всплывать, когда выталкивающая сила, действующая на систему «мешок-гиря», сравняется с силой тяжести:

$$\rho_М \left(V_П + V_К + \frac{m_г}{\rho_Ч} \right) g = (m_к + m_г) g.$$

Подставим выражения для $V_П$, $V_К$ и, сократив g, получим

$$\rho_М \left(\frac{\upsilon t}{\rho_2} + \frac{m_к - \upsilon t}{\rho_1} + \frac{m_г}{\rho_Ч} \right) = m_к + m_г.$$

Отсюда

$$\upsilon t \left(\frac{\rho_М}{\rho_2} - \frac{\rho_М}{\rho_1} \right) = m_к + m_г - \frac{m_г \rho_М}{\rho_Ч} - \frac{m_к \rho_М}{\rho_1}$$

или, используя данные из условия,

$$1{,}5\ \frac{\text{г}}{\text{с}} \cdot t \cdot 28{,}8 = 687\ \text{г} \quad \Rightarrow \quad t = \frac{687\ \text{г}}{1{,}5\ \frac{\text{г}}{\text{с}} \cdot 28{,}8} \approx 16\ \text{с}.$$

Задача 7.3. Дорога к дому.

Ответ: $\upsilon_{\text{ср}} = 20$ км/ч.

Решение: Пусть s — длина пути, проделанного Б. Айкером, t — общее время, проведённое им в дороге. Так как длина первого участка равна половине всего пути, то сумма длин второго и третьего также даёт половину всего пути:

$$s_2 + s_3 = \frac{s}{2} \quad \Rightarrow \quad \upsilon_2 t_2 + \upsilon_3 t_3 = \frac{s}{2}.$$

Отсюда, учитывая, что $t_2 = \frac{t}{2}$ (по условию) и $s = \upsilon_{\text{ср}} t$, получаем

$$\frac{\upsilon_2 t}{2} + \upsilon_3 t_3 = \frac{\upsilon_{\text{ср}} t}{2}.$$

Так как время, затраченное на втором участке, равно половине всего времени движения, то $t_1 + t_3 = \frac{t}{2}$. Используя тот факт, что $t_1 = \dfrac{s_1}{\upsilon_1} = \dfrac{s}{2\upsilon_1} = \dfrac{\upsilon_{\text{ср}} t}{2\upsilon_1}$, получаем ещё одно соотношение:

$$\frac{\upsilon_{\text{ср}} t}{2\upsilon_1} + t_3 = \frac{t}{2} \quad \Rightarrow \quad \frac{\upsilon_{\text{ср}} t}{2} + \upsilon_1 t_3 = \frac{\upsilon_1 t}{2}.$$

Подставляем вместо первого слагаемого полученное ранее выражение:

$$\frac{\upsilon_{\text{ср}} t}{2} + \upsilon_1 t_3 = \frac{\upsilon_1 t}{2} \quad \Rightarrow \quad \left(\frac{\upsilon_2 t}{2} + \upsilon_3 t_3\right) + \upsilon_1 t_3 = \frac{\upsilon_1 t}{2}$$

и находим связь между t_3 и t:

$$t_3 = \frac{(\upsilon_1 - \upsilon_2)\, t}{2(\upsilon_1 + \upsilon_3)} = \frac{(40\ \text{км/ч} - 15\ \text{км/ч})\, t}{2(40\ \text{км/ч} + 10\ \text{км/ч})} = \frac{t}{4}.$$

Зная её, определяем величину средней скорости:

$$\frac{\upsilon_{\text{ср}} t}{2} + \frac{\upsilon_1 t}{4} = \frac{\upsilon_1 t}{2} \quad \Rightarrow \quad \upsilon_{\text{ср}} = \frac{\upsilon_1}{2} = 20\ \text{км/ч}.$$

Задача 7.4. Сосуд с перегородкой.

Ответ: а) 15 см; б) 6 см.

Решение: Сначала найдём максимальную высоту воды в сосуде $h_В$, при которой перегородка ещё касается дна (рис. 6а). Это возможно, когда величина выталкивающей силы, действующей со стороны воды не превышает величины силы тяжести, действующей на перегородку. В рассматриваемом нами случае $F_Т = F_А$, откуда следует, что

$$m_П g = \rho_В g V_{погр} \quad \Rightarrow \quad \rho_Д S_П h = \rho_В S_П h_В,$$

где $m_П$ и $S_П$ — масса и площадь основания перегородки (они хотя и малы, но, всё-таки, не равны нулю). Выражая $h_В$, получим, что

$$h_В = \frac{\rho_Д h}{\rho_В} = 12 \text{ см}.$$

Если в правую часть сосуда начать лить керосин, то перегородка начнёт двигаться вверх, при этом оставаясь на плаву.

С другой стороны, две половины, разделённые перегородкой, представляют собой сообщающиеся сосуды, поэтому давления жидкостей на уровне нижнего края перегородки слева и справа будут одинаковыми и совпадать с давлением, производимым перегородкой на воду (система находится в равновесии). Исходя из этого, найдём максимальную высоту слоя керосина $h_К$. Пусть

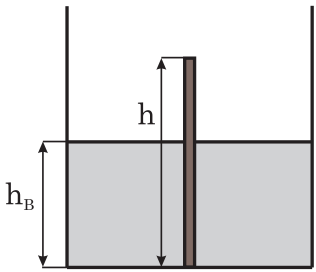


Рис. 6а.

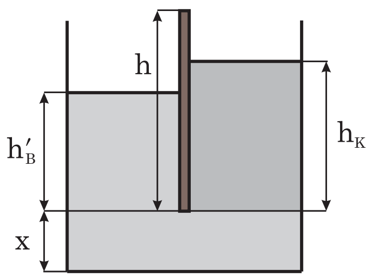


Рис. 6б.

керосин полностью заполнил пространство до нижнего края перегородки (см. рис. 6б), тогда

$$\frac{m_{\text{П}}g}{S_{\text{П}}} = \rho_{\text{К}}gh_{\text{К}} \quad \Rightarrow \quad \rho_{\text{Д}}gh = \rho_{\text{К}}gh_{\text{К}} \quad \Rightarrow \quad h_{\text{К}} = \frac{\rho_{\text{Д}}h}{\rho_{\text{К}}} = 15 \text{ см}.$$

Записывая аналогичное равенство для давлений перегородки и воды, получаем

$$\frac{m_{\text{П}}g}{S_{\text{П}}} = \rho_{\text{В}}gh'_{\text{В}} \quad \Rightarrow \quad \rho_{\text{Д}}gh = \rho_{\text{В}}gh'_{\text{В}} \quad \Rightarrow \quad h'_{\text{В}} = \frac{\rho_{\text{Д}}h}{\rho_{\text{В}}} = h_{\text{В}},$$

то есть расстояние между поверхностью воды в левой половине и нижним краем в процессе перемещений перегородки не изменяется.

Чтобы ответить на второй вопрос задачи, найдём объём воды в сосуде до и после доливания керосина и приравняем их (S — общая площадь дна сосуда, x — искомая высота, на которую поднялась перегородка):

$$V_{\text{до}} = Sh_{\text{В}}, \qquad V_{\text{после}} = Sx + \frac{Sh_{\text{В}}}{2},$$

$$Sh_{\text{В}} = Sx + \frac{Sh_{\text{В}}}{2} \quad \Rightarrow \quad x = \frac{h_{\text{В}}}{2} = 6 \text{ см}.$$

Задача 7.5. Весёлые буквы.

Ответ: $p_{\text{Г}} = p_{\text{Н}} = 60$ Па, $m_{\text{Г}} = 14{,}4$ г, $m_{\text{Н}} = 21{,}6$ г.

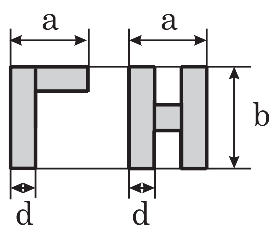


Рис. 7.

Решение: Пусть $p_{\text{ГН}}$ — давление, производимое на стол, в случае, когда буква «Г» расположена снизу, а $p_{\text{НГ}}$ — давление в противоположной ситуации. Найдём площади букв, разбив «Г» на два прямоугольника, а «Н» — на три (см. рис. 7):

$$S_{\text{Г}} = bd + (a - d)d, \qquad S_{\text{Н}} = 2bd + (a - 2d)d.$$

Так как вес двух букв, лежащих друг на друге, не зависит от того, какая из них снизу, а давление букв на стол обратно пропорционально площади нижней буквы, получаем, что

$$\frac{p_{ГН}}{p_{НГ}} = \frac{S_Н}{S_Г} \quad \Rightarrow \quad \frac{S_Н}{S_Г} = \frac{150\text{ Па}}{100\text{ Па}} = 1{,}5.$$

Отсюда, подставляя выражения для $S_Н$ и $S_Г$, найдём величину d:

$$2bd+(a-2d)d = 1{,}5\,(bd+(a-d)d) \;\Rightarrow\; 2b+a-2d = 1{,}5\,(b+a-d)$$

$$\Rightarrow\; d = b - a = 8\text{ см} - 6\text{ см} = 2\text{ см}.$$

Зная это, можно рассчитать площади букв

$$S_Г = 24\text{ см}^2, \qquad S_Н = 36\text{ см}^2$$

и их общую массу

$$m_Г + m_Н = \frac{p_{НГ}S_Н}{g} = \frac{100\text{ Па}\cdot 0{,}0036\text{ м}^2}{10\text{ Н/кг}} = 0{,}036\text{ кг} = 36\text{ г}.$$

С другой стороны, поскольку буквы вырезаны из одного листа фанеры (толщина и плотность материала одинаковы), их масса пропорциональна площади:

$$\frac{m_Н}{m_Г} = \frac{S_Н}{S_Г} = 1{,}5.$$

Это позволяет найти обе массы

$$m_Г = 14{,}4\text{ г}, \qquad m_Н = 21{,}6\text{ г}$$

и рассчитать давление, производимое каждой буквой,

$$p_Г = \frac{m_Г g}{S_Г} = 60\text{ Па}, \qquad p_Н = \frac{m_Н g}{S_Н} = 60\text{ Па}.$$

Задача 8.1. Затор на дороге.

Ответ: $\upsilon_{зат} \approx 2{,}3\ \frac{м}{с}$.

Решение: Пусть S — среднее расстояние между машинами в потоке (от заднего бампера передней до переднего бампера задней машины). Скорость машин и их частота связаны соотношением $v = (S + L)n$, откуда $S = \dfrac{v}{n} - L = 40$ м.
Каждая новая машина, вставшая в заторе, увеличивает его длину на $L + d = 6$ м. Время, необходимое для подъезда каждого следующего автомобиля, находится как

$$t = \frac{S - d}{v} = \frac{39\ \text{м}}{15\ \text{м/с}} = 2{,}6\ \text{с}.$$

Отсюда определяем среднюю скорость увеличения длины затора

$$\upsilon_{зат} = \frac{L + d}{t} \approx 2{,}3\ \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Задача 8.2. Сложный механизм.

Ответ: $m_{гр} = 500$ кг.

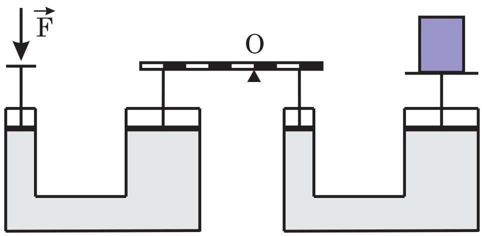


Рис. 8.

Решение: По закону Паскаля, давление, оказываемое на жидкость левым поршнем, передаётся на правый без изменения:

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}.$$

Отсюда получаем, что гидравлические машины, указанные в условии задачи, дают выигрыш в силе в

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1} = 5 \text{ раз.}$$

Поскольку плечи рычага, изображённого на рисунке 8, относятся как 2:1 (левое плечо составляет четыре деления, правое — два), данный рычаг даёт выигрыш в силе в два раза.
В результате, механизм, описанный с условии, даёт выигрыш в силе в $5 \times 2 \times 5 = 50$ раз, и с помощью силы $F_1 = 100$ Н можно поднять груз весом $P_{гр} = 50\,F_1 = 5000$ Н. Масса такого груза, следовательно, равна $m_{гр} = 500$ кг.

Задача 8.3. Маломощный чайник.

Ответ: $U_3 \approx 47$ В.

Решение: Количество теплоты, отдаваемое воде нагревателем за время τ, равно $Q_{нагр} = \dfrac{U^2}{R}\tau$, где U — напряжение в цепи нагревателя, R — его сопротивление. С другой стороны, количество теплоты, отдаваемое чайником в окружающий воздух, равно $Q_{отд} = k\,(t - t_0)\,\tau$, где t — температура воды в чайнике, t_0 — температура воздуха в комнате, k — коэффициент пропорциональности. Вода не сможет дальше нагреваться, если

$$Q_{нагр} = Q_{отд} \quad \Rightarrow \quad U^2 = kR\,(t - t_0)\,.$$

Подставляя в полученное выражение данные из условия задачи, получаем

$$\begin{cases} U_1^2 = kR(t_1 - t_0), \\ U_2^2 = kR(t_2 - t_0) \end{cases} \quad \Rightarrow \quad \frac{U_2^2}{U_1^2} = \frac{t_2 - t_0}{t_1 - t_0} \quad \Rightarrow \quad \frac{40\,^\circ\mathrm{C} - t_0}{30\,^\circ\mathrm{C} - t_0} = 4.$$

Отсюда находим температуру воздуха в комнате — $t_0 = \dfrac{80}{3}\,^\circ$C.
Найдём теперь напряжение U_3, при котором вода прогреется до температуры кипения $t_3 = 100\,^\circ$C:

$$\frac{U_3^2}{U_1^2} = \frac{t_3 - t_0}{t_1 - t_0} = \frac{100\,^\circ\mathrm{C} - \frac{80}{3}\,^\circ\mathrm{C}}{30\,^\circ\mathrm{C} - \frac{80}{3}\,^\circ\mathrm{C}} = 22 \quad \Rightarrow \quad U_3 = U_1\sqrt{22} \approx 47 \text{ В.}$$

Задача 8.4. Чудеса новых технологий.

Ответ: $\rho = 1070$ кг/м^3.

Решение: Так как брусок сначала тонет, его плотность больше плотности воды. Последующее всплытие бруска объясняется тем, что на него намерзает некоторое количество льда. Найдём массу $m_Л$ образовавшегося льда, используя уравнение теплового баланса ($m_{БР}$ — масса бруска, c — его теплоёмкость, λ — удельная теплота плавления льда)

$$\lambda m_Л = c\, m_{БР}\, (0\,°C - (-196\,°C)) \;\Rightarrow\; m_Л = \frac{c\, m_{БР}\, 196\,°C}{\lambda} = 0{,}588\, m_{БР}.$$

Брусок со льдом начнёт всплывать, если значение силы Архимеда, действующей на эту систему, достигнет значения силы тяжести:

$$\rho_В(V_{БР} + V_Л)g = (m_Л + m_{БР})g,$$

где $V_{БР} = \dfrac{m_{БР}}{\rho}$ — объём бруска, ρ — искомая плотность материала, из которого он сделан, $V_Л = \dfrac{m_Л}{\rho_Л}$ — объём льда. Подставляя указанные соотношения, после математических преобразований приходим к равенству

$$\frac{m_{БР}}{\rho} + \frac{m_Л}{\rho_Л} = \frac{m_Л + m_{БР}}{\rho_В} \;\Rightarrow\; \frac{m_{БР}}{\rho} + \frac{0{,}588\, m_{БР}}{\rho_Л} = \frac{1{,}588\, m_{БР}}{\rho_В}.$$

Сокращая на $m_{БР}$, получаем, что

$$\frac{1}{\rho} + \frac{0{,}588}{\rho_Л} = \frac{1{,}588}{\rho_В} \;\Rightarrow\; \rho = \frac{1}{\frac{1{,}588}{\rho_В} - \frac{0{,}588}{\rho_Л}} \approx 1070 \text{ кг/м}^3.$$

Задача 8.5. Мышка из проволоки.

Ответ: AB = 2 см, BC = 7 см, AC = 8 см.

Решение: Обозначим сопротивление непосредственно проводников AB, AC, BC и CD как r_{AB}, r_{AC}, r_{BC} и r_{CD}. При подключении

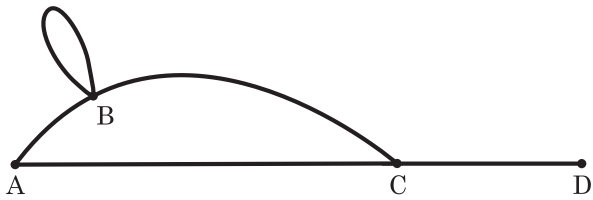


Рис. 9.

напряжения к точкам A и B проводник AB оказывается соединённым параллельно с последовательно идущими проводниками AC и BC («ухо» мыши и её «хвост» не учитываются, так как ток через эти участки не идёт). Тогда

$$R_{AB} = \frac{r_{AB}(r_{AC} + r_{BC})}{r_{AB} + r_{AC} + r_{BC}} = 30 \text{ Ом}.$$

Аналогично получаем, что

$$R_{AC} = \frac{r_{AC}(r_{AB} + r_{BC})}{r_{AB} + r_{AC} + r_{BC}} = 72 \text{ Ом}, \qquad R_{BC} = \frac{r_{BC}(r_{AB} + r_{AC})}{r_{AB} + r_{AC} + r_{BC}} = 70 \text{ Ом}.$$

Решая полученную систему уравнений, находим

$$r_{AB} = 34 \text{ Ом}, \quad r_{AC} = 136 \text{ Ом}, \quad r_{BC} = 119 \text{ Ом}.$$

При подключении напряжения к точкам C и D ток идёт только по отрезку CD, поэтому $r_{CD} = R_{CD} = 68$ Ом. Это значит, что сопротивление отрезка AD без учёта остальной цепи равно $r_{AC} + r_{CD} = 204$ Ом.

Сопротивление однородного проводника прямо пропорционально его длине, следовательно

$$\frac{AB}{AD} = \frac{r_{AB}}{r_{AC} + r_{CD}} \quad \Rightarrow \quad AB = \frac{AD \cdot r_{AB}}{r_{AC} + r_{CD}} = 2 \text{ см}.$$

$$\frac{BC}{AD} = \frac{r_{BC}}{r_{AC} + r_{CD}} \quad \Rightarrow \quad BC = \frac{AD \cdot r_{BC}}{r_{AC} + r_{CD}} = 7 \text{ см}.$$

$$\frac{AC}{AD} = \frac{r_{AC}}{r_{AC} + r_{CD}} \quad \Rightarrow \quad AC = \frac{AD \cdot r_{AC}}{r_{AC} + r_{CD}} = 8 \text{ см}.$$

ПРОГРАММА ГОРОДСКОЙ ОЛИМПИАДЫ

или Что нужно знать к олимпиаде?

Программа олимпиады включает в себя темы занятий, которые ориентированы на наиболее распространённый учебник под авторством А. В. Пёрышкина за 7 и 8 классы.

7 класс

1. Измерение физических величин. Единицы физических величин. Цена деления. Погрешность измерения (только основные понятия и самые простые способы учёта погрешностей).

2. Механическое движение. Путь. Перемещение. Равномерное движение. Скорость. Средняя скорость. Работа с графиками. Сложение скоростей для тел, движущихся параллельно.

3. Инерция. Взаимодействие тел. Масса. Плотность.

4. Силы в природе (тяжести, упругости, трения). Сложение сил, направленных вдоль одной прямой. Равнодействующая сил.

5. Давление.

6. Основы гидростатики. Закон Паскаля. Атмосферное давление. Гидравлический пресс. Сообщающиеся сосуды. Закон Архимеда. Плавание тел. Воздухоплавание.

7. Механическая работа, мощность, энергия. Основные понятия (уметь определять работу, когда сила сонаправлена с перемещением).

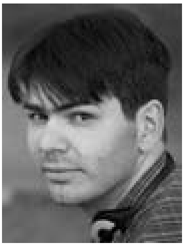
8 класс

8. Простые механизмы: блок, рычаг. Момент силы. Правило моментов. Золотое правило механики. КПД.
9. Тепловое движение. Температура. Внутренняя энергия. Теплопроводность. Конвекция. Излучение.
10. Количество теплоты. Удельная теплоёмкость вещества. Удельная теплота сгорания.
11. Агрегатные состояния вещества. Плавление и отвердевание кристаллических тел. Удельная теплота плавления. Испарение. Кипение. Удельная теплота парообразования.
12. Общее уравнение теплового баланса. КПД нагревателей.
13. Влажность воздуха (основные понятия без формул).
14. Электризация. Два рода зарядов. Взаимодействие заряженных тел. Проводники и диэлектрики. Электрическое поле. Делимость электрического заряда. Электрон. Строение атомов (основные понятия без формул).
15. Электрический ток. Источники электрического тока. Электрическая цепь и ее составные части. Действие электрического тока. Сила тока. Электрическое напряжение.
16. Резисторы, реостаты, лампы накаливания, источники тока, электронагревательные приборы. Электроизмерительные приборы: амперметр, вольтметр, омметр.
17. Электрическое сопротивление проводников. Закон Ома для участка цепи. Удельное сопротивление.
18. Последовательное и параллельное соединение проводников. Расчет простых цепей постоянного тока.
19. Работа и мощность электрического тока. Закон Джоуля–Ленца.

20. Магнитное поле. Магнитное поле прямого тока. Магнитные линии магнитного поля. Магнитное поле катушки с током. Электромагниты. Постоянные магниты. Магнитное поле постоянных магнитов. Магнитное поле Земли. Действие магнитного поля на проводник с током (основные понятия без формул).

ОБ АВТОРАХ

Заяц Алексей Евгеньевич. Окончил физический факультет Казанского государственного университета в 2002 г. Кандидат физико-математических наук. Доцент кафедры теории относительности и гравитации Института физики Казанского федерального университета.



Шакиров Тимур Мусавирович. Окончил физический факультет Казанского государственного университета в 2008 г. Кандидат физико-математических наук. С 2013 г. работает в Университете им. Мартина Лютера, город Галле, Германия.

Гусихин Павел Артурович. Окончил факультет общей и прикладной физики Московского физико-технического института в 2011 г. Победитель всероссийских школьных олимпиад по физике, обладатель золотой медали по физике на международной олимпиаде школьников «Туймаада» (2005 г.). Работает в Институте физики твёрдого тела РАН, город Черноголовка, Московская область.

Заяц Алексей Евгеньевич
Шакиров Тимур Мусавирович
Гусихин Павел Артурович

ОТКРЫТАЯ ГОРОДСКАЯ ОЛИМПИАДА ПО ФИЗИКЕ

Задачи и решения

Форм. $60 \times 84\,{}^{1}/_{16}$. Гарнитура JournalPSCyr.
Усл. печ. л. 1,4.