

Задачи централизованного тестирования по физике 2012 г. Беларусь (оценочный вариант)

К большому сожалению, учителей и не только физики, за публикацию оригинальных заданий репетиционных, итоговых централизованных тестирований, преследуют в судебном порядке.

Оригинал тестов Вы найдете в Сборнике тестов. Физика. Минск «Аверсэв» 2012. Для всех заинтересованных лиц: на сайте **fizportal.ru** Вы не найдете оригинальных заданий официального тестирования, не тратьте время, но кто мешает нам найти похожие задачи из открытых источников, сборников задач, различных пособий. Задачи, которые размещены выше по своей сути помогают разобраться и понять уровень сложности заданий, предложенных абитуриентам на официальном тестировании по физике в 2012 г.

Вариант 1.

Часть А.

A1. Каким прибором измеряют силу электрического тока в цепи? [[решение](#)]

- 1) вольтметром;
- 2) термометром;
- 3) амперметром;
- 4) секундомером;
- 5) динамометром.

A2. Движение двух тел задано уравнениями $x_1 = (15 + 2t^2)$ м и $x_2 = (19 - 2t^2)$ м, где t – время в секундах. Найти координату их встречи. Через какой промежуток времени тела будут иметь одинаковую координату? [[решение](#)]

- 1) 16 м и 1 с;
- 2) 17 м и 1 с;
- 3) 17 м и 0,5 с;
- 4) 16 м и 0,5 с;
- 5) 18 м и 0,5 с.

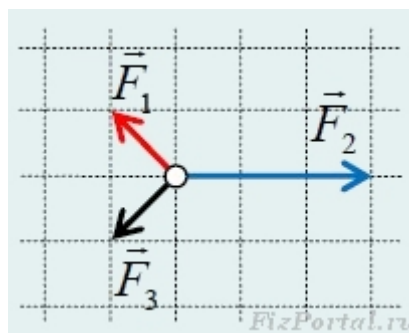
A3. Траектория равномерного движения улитки представляет собой равносторонний треугольник. Если улитка проползла по одной стороне треугольника со средней скоростью $v_{cp1} = 1,5$ мм/с, по другой стороне – $v_{cp2} = 1,0$ мм/с, по третьей стороне $v_{cp3} = 1,5$ мм/с, то средняя скорость улитки по всей траектории равна... [[решение](#)]

- 1) $\approx 1,1$ мм/с;
- 2) $\approx 1,2$ мм/с;
- 3) $\approx 1,3$ мм/с;
- 4) $\approx 1,4$ мм/с;
- 5) $\approx 1,5$ мм/с.

A4. На рисунке изображены три силы, которые действовали на тело массой 1 кг, покоящееся в инерциальной системе отсчета. Если одна клеточка соответствует силе 10 Н, то тело будет двигаться ... с модулем ускорением ... [[решение](#)]

- 1) по направлению силы F_2 , 10 м/с^2 ;
- 2) по направлению силы F_3 , 5 м/с^2 ;
- 3) по направлению силы F_1 , 10 м/с^2 ;

- 4) против направления силы F_2 , 10 м/с^2 ;
 5) тело будет покоится, 0 м/с^2 .



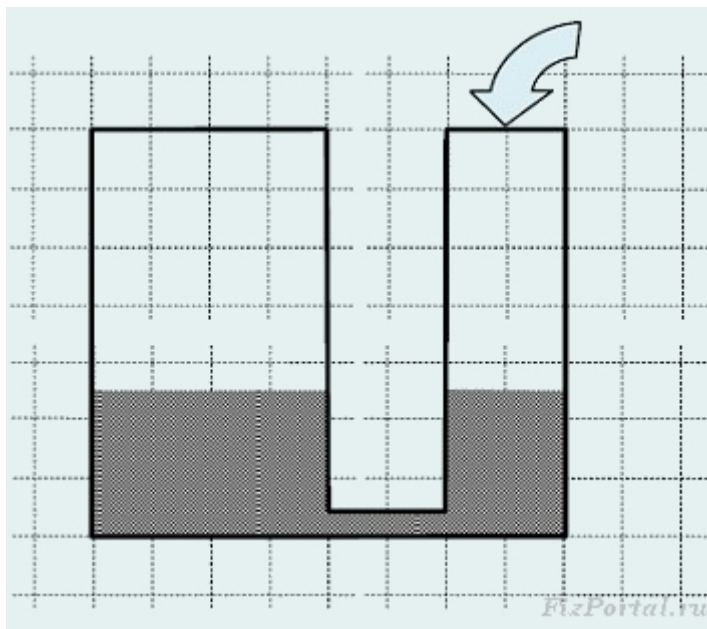
A5. Камень, брошенный горизонтально с начальной скоростью $v_0 = 15 \text{ м/с}$, упал на землю со скоростью $v = 25 \text{ м/с}$. Сколько времени длился полет тела?

- 1) 0,5 с;
 2) 1 с;
 3) 1,5 с;
 4) 2 с;
 5) 2,5 с.

A6. Первоначально в сообщающихся сосудах находится ртуть (см. рисунок). После того как в узкий сосуд наливает столб воды высотой 68 см ртуть поднимается в широком сосуде на ... мм? Плотность ртути равна $13,6 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$, плотность воды $1,0 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$.

[\[решение\]](#)

- 1) 1; 2) 10; 3) 100; 4) 25; 5) 5.



A7. Во время процесса, производимого с одним молем идеального газа, были измерены следующие макропараметры:

Измерение	Объем, м^3	Температура, К	Давление, кПа
1	1	280	2,3

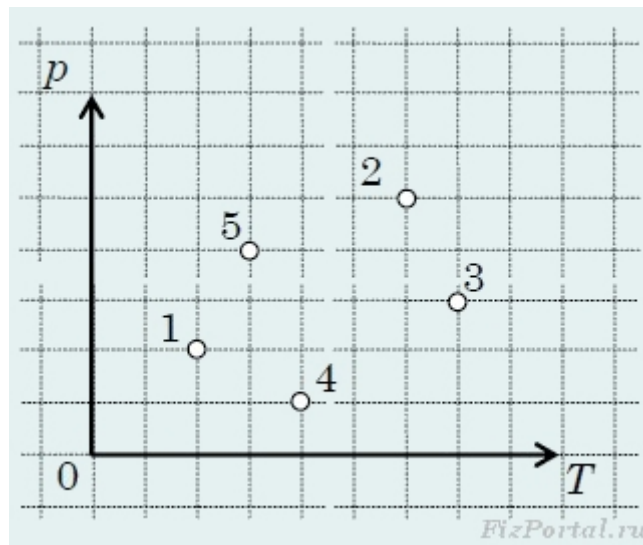
2	1,5	420	2,3
3	2	560	2,3
4	2,5	700	2,3
5	3	840	2,3

В результате полученных измерений можно сказать, что процесс является ... [\[решение\]](#)

1) изотермическим; 2) изохорным; 3) изобарным; 4) адиабатным; 5) произвольный.

A8. На диаграмме зависимости давления от температуры изображены состояния некоторого вещества. В каком состоянии молекулы вещества обладают наибольшей средней кинетической энергией? [\[решение\]](#)

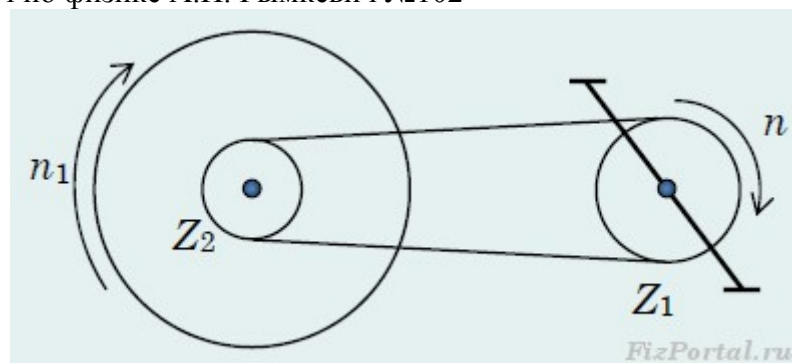
1) 5; 2) 4; 3) 3; 4) 2; 5) 1.



Часть В.

B1. Диаметр колеса велосипеда $d = 70$ см, ведущая зубчатка имеет $Z_1 = 48$ зубцов, а ведомая $Z_2 = 18$ зубцов. С какой скоростью (в км/ч) движется велосипедист на этом велосипеде при частоте вращения педалей $n = 1$ об/с? [\[решение\]](#)

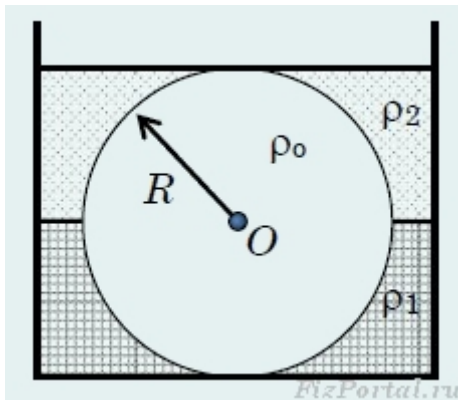
Сборник задач по физике А.П. Рымкевич №102



B2. Если автомобиль массой $m = 2$ т буксируется с помощью троса жесткостью $k = 100$ кН/м с ускорением $a = 0,5$ м/с², то удлинение троса равно ... см. Трением пренебречь.

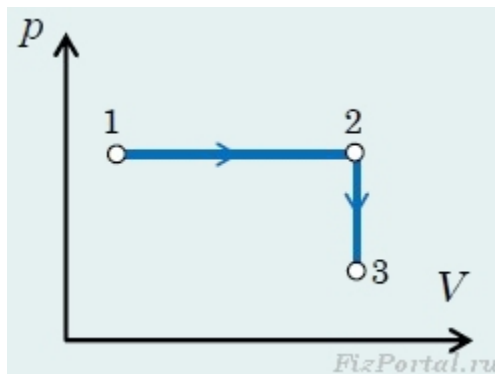
[\[решение\]](#)

В3. На дне сосуда лежит шарик с радиусом $R = 10$ см, изготовленный из некоторого вещества с плотностью ρ_0 . В сосуд наливают жидкость с плотностью $\rho_1 = 1000$ кг/м³ до уровня равного радиусу шарика. Затем в сосуд наливают жидкость с плотностью $\rho_2 = 800$ кг/м³ так, чтобы жидкости не смешивались и граница не перемещалась. Оказалось, что после того, как шарик скрылся под поверхностью жидкости, давление его на дно сосуда обратилось в нуль. Чему равна плотность шарика. [\[решение\]](#)

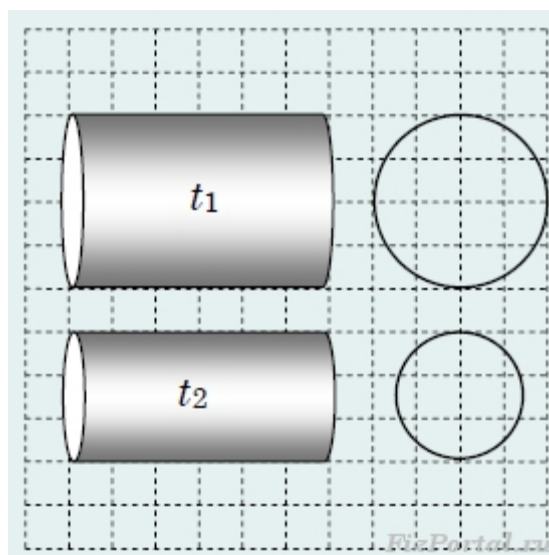


В4. В шар массой $M = 250$ г, висящий на нити длиной $l = 50$ см, попадает и застревает в нем горизонтально летящая пуля массой $m = 10$ г. При какой минимальной скорости пули шар после этого совершит полный оборот в вертикальной плоскости? [\[решение\]](#)

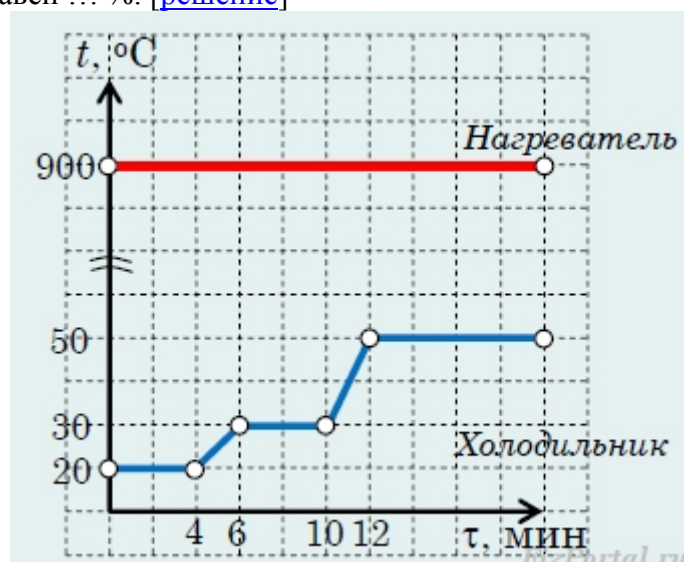
В5. Моль одноатомного идеального газа переводится из состояния 1 в состояние 3 путем изобарического нагрева 1 – 2 и изохорического охлаждения 2 – 3. На участке 1 – 2 газ совершает работу $A = 1250$ Дж. В процессе всего перехода 1 – 2 – 3 газ получает суммарное (алгебраическая сумма) количество теплоты $Q = 750$ Дж. Если сумма температур $T_2 + T_3 = 740$ К, то в 1-м состоянии температура равна ... К. Универсальную газовую постоянную принять равной $R = 8,3$ Дж/(моль $\times$ К). [\[решение\]](#)



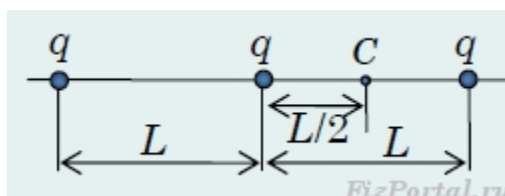
В6. Два свинцовых цилиндра, нагретых до температуры $t_1 = 18$ °С и $t_2 = 90$ °С, привели в контакт. Если пренебречь теплообменом с окружающей средой, то при установлении теплового равновесия цилиндры будут иметь температуру равную ... °С. Удельная теплоемкость свинца $c = 120$ Дж/(кг $\times$ °С), плотность свинца $\rho = 11300$ кг/м³. [\[решение\]](#)



В7. При испытании тепловой машины, работающей по циклу Карно, была получена зависимость температуры нагревателя и холодильника от времени. Максимальный КПД тепловой машины равен ... %. [\[решение\]](#)

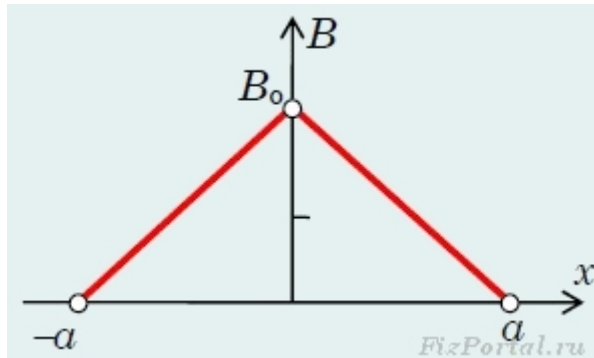


В8. Три равных по величине и знаку заряда $q = 1 \text{ нКл}$ расположены в вакууме вдоль прямой на одинаковых расстояниях $L = 20 \text{ см}$ друг от друга. Модуль напряженности электрического поля, созданного этими зарядами, в точке C (см. рис.) равен ... В/м. [\[решение\]](#)



В9. Источник с ЭДС $2,2 \text{ В}$ и внутренним сопротивлением 1 Ом замкнут медной проволокой, масса которой $30,3 \text{ г}$. Сопротивление проволоки равно внутреннему сопротивлению источника. На сколько градусов нагреется проволока за 5 мин , если удельная теплоемкость меди равна $378 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$? [\[решение\]](#)

В10. Кольцо диаметром $d = 6 \text{ мм}$, сделанное из очень тонкой проволоки с удельным сопротивлением $\rho = 2 \times 10^{-8} \text{ Ом} \times \text{м}$ и плотностью $D = 9 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$, пролетает по прямой между полюсами магнита, не успев при этом повернуться. Оцените изменение скорости кольца, если его скорость перед пролетом была $v_0 = 20 \text{ м/с}$. Магнитное поле направлено перпендикулярно плоскости кольца, вектор скорости кольца параллелен плоскости кольца. Зависимость магнитной индукции поля от координаты x (вдоль которой движется кольцо) приведена на рисунке, где $B_0 = 1 \text{ Тл}$, $a = 10 \text{ см}$. [\[решение\]](#)



В12. Дифракционная решетка содержит **200** штрихов на каждый миллиметр. На решетку нормально падает монохроматический свет с длиной волны **5750** ангстрем. Под каким углом виден наибольший порядок спектра. [\[решение\]](#)

Решение.

A1

Узнавание отдельных объектов изучения программного учебного материала, предъявленных в готовом виде (физических явлений, физических величин, единиц физических величин, формул, других физических объектов, в том числе измерительных инструментов, физических приборов) оценивается в **1 балл**. [Ознакомьтесь с оценками результатов учебной деятельности](#) учащихся по учебному предмету «Физика»

Задачи такого типа относятся к простым. Если полистать учебник физики, то там где вводится физическая величина, там же вводится и прибор для измерения физической величины.

Сила электрического тока измеряется в **амперах**, а для измерения силы тока в электрической цепи использую прибор – **амперметр**.

Амперметр – прибор для измерения силы тока в цепи. Шкала амперметра может быть проградуирована в микроамперах (мкА), миллиамперах (мА), амперах (А), килоамперах (кА).

Включается амперметр в электрическую цепь последовательно с тем участком электрической цепи, силу тока в котором требуется измерить.

Для увеличения предела измерений амперметр шунтируется (подключается дополнительное сопротивление) **параллельно**.

Принцип действия амперметра – магнитоэлектрического прибора основан на создании крутящего момента. Вращающий момент возникает в результате взаимодействия поля постоянного магнита и магнитным полем тока, проходящего через обмотку рамки. Стрелка амперметра соединена с рамкой. Угол поворота стрелки пропорционален силе тока.



A2). Движение двух тел задано уравнениями $x_1 = (15 + 2t^2)$ м и $x_2 = (19 - 2t^2)$ м, где t – время в секундах. Найти координату их встречи. Через какой промежуток времени тела будут иметь одинаковую координату?

- 1) 16 м и 1 с;
- 2) 17 м и 1 с;
- 3) 17 м и 0,5 с;
- 4) 16 м и 0,5 с;
- 5) 18 м и 0,5 с.

Решение.

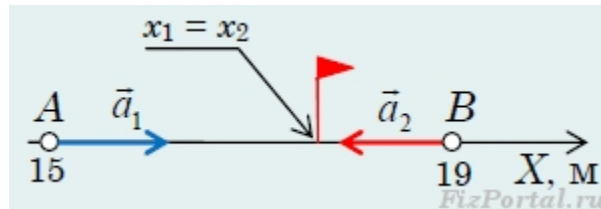
Уравнение координаты равноускоренно движущегося тела в общем виде

$$x = x_0 + v_x t + \frac{a_x t^2}{2}.$$

Для первого тела: начальная координата $x_{01} = 15$ м, начальная скорость $v_{x1} = 0$, ускорение $a_{x1} = 4$ м/с².

Для второго тела: начальная координата $x_{02} = 19$ м, начальная скорость $v_{x2} = 0$, ускорение $a_{x2} = -4$ м/с².

Анализируя уравнения координат тел, приходим к выводу, что тела движутся навстречу друг другу (см. рис.)



В момент встречи тел их координаты совпадают $x_1 = x_2$, приравняем соответствующие уравнения

$$x_1 = x_2 = 15 + 2t^2 = 19 - 2t^2. \quad (1)$$

Откуда

$$t = \sqrt{\frac{19\text{ м} - 15\text{ м}}{4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}} = 1\text{ с}.$$

Через 1 с тела встретятся, будут иметь одинаковую координату. Для определения координаты встречи подставим в (1), в любое уравнение $t = 1$ с

$$x_1 = x_2 = 15 + 2 \times 1^2 = 19 - 2 \times 1^2 = 17\text{ м}.$$

Если задача не имеет ответа, задача закрытого типа, то надо ее решать. А если предлагаются ответы? Что делают особо хитрые ученики, не решают задачи, а подставляют цифры, например, в предлагаемых ответах время или 0,5 с или 1 с, если подставить эти времена в уравнения координаты (1) и подсчитать координату, то окажется, подходит 1 с, при этом координата у тел равна 17 м. Но так задачи решать не научишься.

(А3). Траектория равномерного движения улитки представляет собой равносторонний треугольник. Если улитка проползла по одной стороне треугольника со средней скоростью $v_{cp1} = 1,5 \text{ мм/с}$, по другой стороне – $v_{cp2} = 1,0 \text{ мм/с}$, по третьей стороне $v_{cp3} = 1,5 \text{ мм/с}$, то средняя скорость улитки по всей траектории равна...

1) $\approx 1,1 \text{ мм/с}$; 2) $\approx 1,2 \text{ мм/с}$; 3) $\approx 1,3 \text{ мм/с}$; 4) $\approx 1,4 \text{ мм/с}$; 5) $\approx 1,5 \text{ мм/с}$.

Решение.

Средняя путевая скорость, а именно об этой скорости идет речь в задаче (длина пройденной траектории равна пути) равна отношению всего пройденного расстояния ко всему затраченному времени. Пусть длина равностороннего треугольника l , время прохождения первой стороны t_1 , второй – t_2 , третьей – t_3 , тогда

$$v_{cp} = \frac{3l}{t_1 + t_2 + t_3}, \quad (1)$$

где

$$t_1 = \frac{l}{v_{cp1}}, t_2 = \frac{l}{v_{cp2}}, t_3 = \frac{l}{v_{cp3}}. \quad (2)$$

Сделаем замену (2) в (1)

$$v_{cp} = \frac{3l}{\frac{l}{v_{cp1}} + \frac{l}{v_{cp2}} + \frac{l}{v_{cp3}}} = \frac{3v_{cp1}v_{cp2}v_{cp3}}{v_{cp2}v_{cp3} + v_{cp1}v_{cp3} + v_{cp1}v_{cp2}}.$$

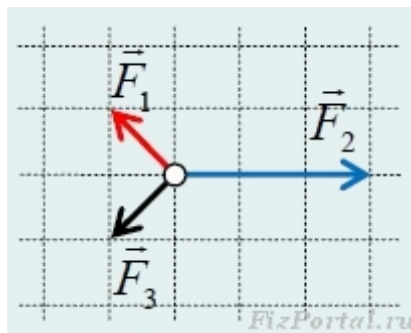
Подставим численные значения

$$v_{cp} = \frac{3 \cdot 1,5 \frac{\text{мм}}{\text{с}} \cdot 1,0 \frac{\text{мм}}{\text{с}} \cdot 1,5 \frac{\text{мм}}{\text{с}}}{1,0 \frac{\text{мм}}{\text{с}} \cdot 1,5 \frac{\text{мм}}{\text{с}} + 1,5 \frac{\text{мм}}{\text{с}} \cdot 1,5 \frac{\text{мм}}{\text{с}} + 1,5 \frac{\text{мм}}{\text{с}} \cdot 1,0 \frac{\text{мм}}{\text{с}}} = 1,3 \frac{\text{мм}}{\text{с}}.$$

Выбираем правильным ответ **3) $\approx 1,3 \text{ мм/с}$.**

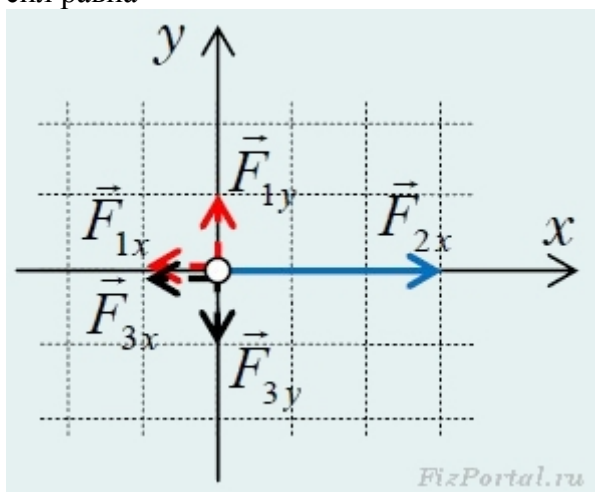
(А4). На рисунке изображены три силы, которые действовали на тело массой **1 кг**, покоящееся в инерциальной системе отсчета. Если одна клеточка соответствует силе **10 Н**, то тело будет двигаться ... с модулем ускорением ...

1) по направлению силы F_2 , **10 м/с²**; 2) по направлению силы F_3 , **5 м/с²**; 3) по направлению силы F_1 , **10 м/с²**; 4) против направления силы F_2 , **10 м/с²**; 5) тело будет покоиться, **0 м/с²**.



Решение.

Разложим вектора сил на направления осей x и y . Обратим внимание на то, что вдоль оси x , результирующая сил равна



$$F_x = F_{2x} - (F_{1x} + F_{3x}) = 3 \text{ у.кл.} - (1 \text{ у.кл.} + 1 \text{ у.кл.}) = 1 \text{ у.кл.}$$

Вдоль оси y результирующая сил равна

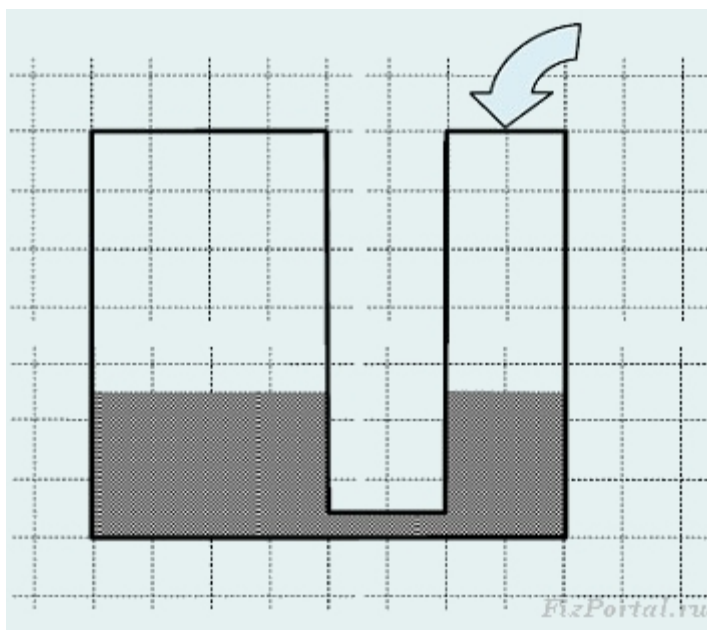
$$F_y = F_{1y} - F_{3y} = 1 \text{ у.кл.} - 1 \text{ у.кл.} = 0.$$

В результате действия трех сил тело будет двигаться по направлению оси x , т.е. по направлению силы F_2 , с ускорением равным

$$a = \frac{F_x}{m} = \frac{1 \text{ у.кл.} \times 10 \frac{\text{Н}}{\text{у.кл.}}}{1 \text{ кг}} = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

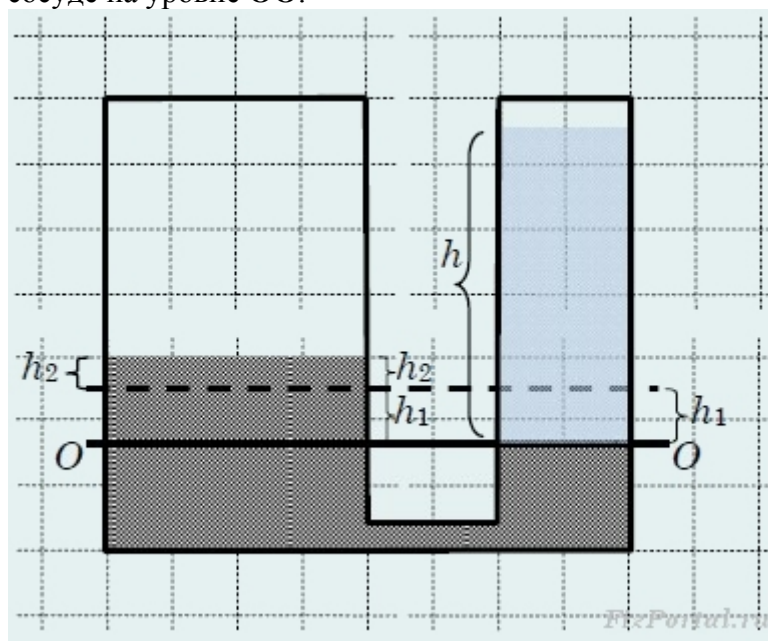
Выбираем правильным ответ 1) по направлению силы F_2 , **10 м/с²**.

А6). Первоначально в сообщающихся сосудах находится ртуть (см. рисунок). После того как в узкий сосуд наливает столб воды высотой **68 см** ртуть поднимается в широком сосуде на ... **мм**? Плотность ртути равна $13,6 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$, плотность воды $1,0 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$.
 1) 1; 2) 10; 3) 100; 4) 25; 5) 5.



Решение.

После наливания воды в узкий сосуд, часть ртути перетечет в широкий сосуд и давление производимое водой в узком сосуде будет равно давлению производимому ртутью в правом сосуде на уровне **ОО**.



$$\rho_{\text{в}} g h_{\text{в}} = \rho_{\text{р}} g (h_1 + h_2) . \quad (1)$$

Высота ртути над уровнем **ОО** равна сумме высоты **h₁** – опускания ртути в узком сосуде относительно первоначальной границы равновесия и **h₂**– высоты поднимания

ртути в широком сосуде относительно первоначальной границы равновесия (на рисунке обозначена штриховой линией).

Так как у нас сообщающиеся сосуды с разным поперечным сечением, то высота h_1 не будет равна высоте h_2 . В таких случаях для связывания высот приравнивают объемы жидкости: сколько вытекло столько и втекло, в силу несжимаемости и неразрывности жидкости.

$$\begin{aligned} V_1 &= V_2, \\ sh_1 &= Sh_2, \\ \frac{\pi d^2}{4} h_1 &= \frac{\pi D^2}{4} h_2, \end{aligned}$$

откуда

$$h_1 = \left(\frac{D}{d} \right)^2 h_2.$$

Подставим в (1)

$$\rho_{\epsilon} g h_{\epsilon} = \rho_p g \left(\left(\frac{D}{d} \right)^2 h_2 + h_2 \right).$$

Выразим искомую высоту

$$h_2 = \frac{\rho_{\epsilon} h_{\epsilon}}{\rho_p \left(\left(\frac{D}{d} \right)^2 + 1 \right)}.$$

Обратите внимание на тот факт, что отношение диаметров сосудов мы определяем по рисунку, по клеточкам: $D/d = 2$.

Подставим численные значения

$$h_2 = \frac{1 \times 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \times 0,68 \text{ м}}{13,6 \times 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \left(\left(\frac{4}{2} \right)^2 + 1 \right)} = 0,01 \text{ м}.$$

После того как в узкий сосуд наливают столб воды высотой **68 см** ртуть поднимается в широком сосуде на **10 мм**. Выбираем правильный ответ **2) 10**.

(А7). Во время процесса, производимого с одним молем идеального газа, были измерены следующие макропараметры:

Измерение	Объем, м ³	Температура, К	Давление, кПа
1	1	280	2,3
2	1,5	420	2,3
3	2	560	2,3
4	2,5	700	2,3
5	3	840	2,3

В результате полученных измерений можно сказать, что процесс является ...

1) изотермическим; 2) изохорным; 3) изобарным; 4) адиабатным; 5) произвольный.

Решение.

Если обратить внимание на данные измерения, то можно сказать, что третий параметр – давление, в таблице остается постоянным.

Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона для $\nu = 1$ моля газа

$$pV = RT, \quad p = \frac{RT}{V}.$$

Подставим в последнюю формулу данные из таблицы

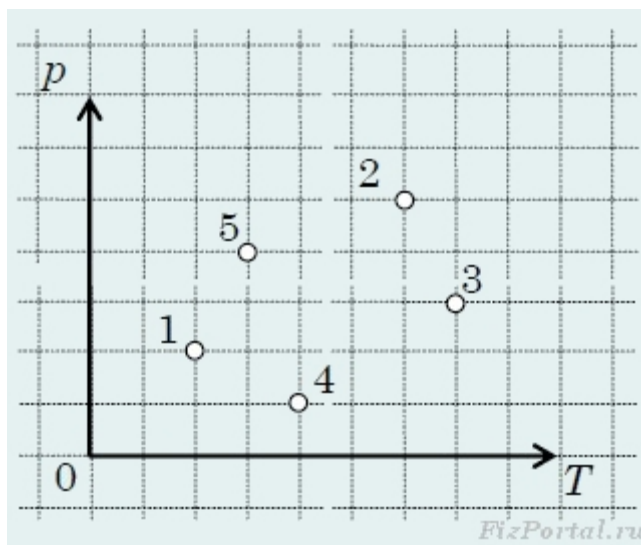
$$p = \frac{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \times \text{К}} \times 280 \text{ К}}{1 \text{ м}^3} = \frac{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \times \text{К}} \times 285 \text{ К}}{1,5 \text{ м}^3} = \dots$$

$$\dots = \frac{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \times \text{К}} \times 840 \text{ К}}{3 \text{ м}^3} = 2,3 \text{ кПа}.$$

Данные измерения верные и соответствуют процессу происходящему при постоянном давлении. Выбираем правильный ответ 3) изобарным.

(A8). На диаграмме зависимости давления от температуры изображены состояния некоторого вещества. В каком состоянии молекулы вещества обладают наибольшей средней кинетической энергией?

1) 5; 2) 4; 3) 3; 4) 2; 5) 1.



Решение.

Средняя кинетическая энергия поступательного движения молекулы

$$\langle E_1 \rangle = \frac{i}{2} kT,$$

где k – постоянная Больцмана, T – термодинамическая температура, i – число степеней свободы молекулы.

Средняя кинетическая энергия молекулы является функцией температуры и только от нее зависит.

Средняя кинетическая энергия всех молекул некоторого газа равна

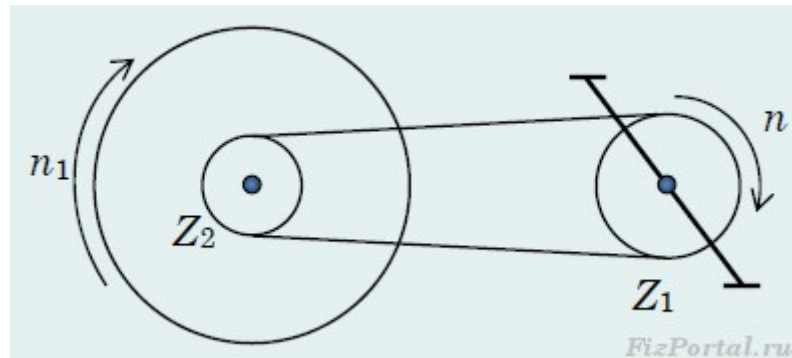
$$\langle E \rangle = N \langle E_1 \rangle = N \frac{i}{2} kT = \frac{m}{M} N_A \frac{i}{2} kT = \frac{i}{2} \nu RT.$$

Как видим из конечной формулы средняя кинетическая энергия всех молекул газа зависит только от температуры.

На графике в **3-м** состоянии молекулы газа имеют наибольшую температуру, следовательно, молекулы имеют наибольшую среднюю кинетическую энергию. Выбираем правильный ответ **3) 3**.

(B1). Диаметр колеса велосипеда $d = 70$ см, ведущая зубчатка имеет $Z_1 = 48$ зубцов, а ведомая $Z_2 = 18$ зубцов. С какой скоростью (в км/ч) движется велосипедист на этом велосипеде при частоте вращения педалей $n = 1$ об/с?

Сборник задач по физике А.П. Рымкевич №102



Решение.

Отношение частот вращения звездочки и колеса равно отношению диаметров ведомой и ведущей звездочек, которое равно отношению числа их зубьев. Поэтому частота вращения колеса равна

$$n_1 = n \frac{Z_1}{Z_2}.$$

Скорость велосипеда равна линейной скорости колеса

$$v = \frac{d}{2} \times 2\pi n_1 = \pi d n \frac{Z_1}{Z_2}.$$

Подставим численные значения

$$v_{\Pi} = 3,14 \times 0,7 \times 1 \times \frac{48}{18} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 5,9 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 21 \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$$

(B2). Если автомобиль массой $m = 2 \text{ т}$ буксируется с помощью троса жесткостью $k = 100 \text{ кН/м}$ с ускорением $a = 0,5 \text{ м/с}^2$, то удлинение троса равно ... см. Трением пренебречь.

Решение.

По третьему закону Ньютона сила, растягивающая трос, равна силе, действующей на автомобиль. В отсутствии сил трения на автомобиль в горизонтальном направлении другие силы не действуют, поэтому

$$ma = F. \quad (1)$$

Запишем для троса закон Гука:

$$F = k\Delta l. \quad (2)$$

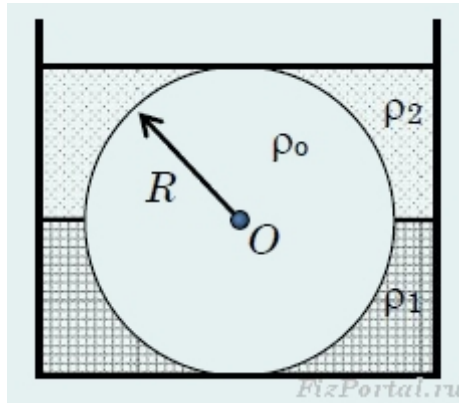
Окончательно из (1) и (2) получаем

$$\Delta l = \frac{F}{k} = \frac{ma}{k}.$$

Подставим численные значения

$$\Delta l = \frac{2 \times 10^3 \text{ кг} \times 0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{10^5 \frac{\text{Н}}{\text{м}}} = 10^{-2} \text{ м} = 1 \text{ см}.$$

(В3). На дне сосуда лежит шарик с радиусом $R = 10 \text{ см}$, изготовленный из некоторого вещества с плотностью ρ_0 . В сосуд наливают жидкость с плотностью $\rho_1 = 1000 \text{ кг/м}^3$ до уровня равного радиусу шарика. Затем в сосуд наливают жидкость с плотностью $\rho_2 = 800 \text{ кг/м}^3$ так, чтобы жидкости не смешивались и граница не перемещалась. Оказалось, что после того, как шарик скрылся под поверхностью жидкости, давление его на дно сосуда обратилось в нуль. Плотность шарика равна ... кг/м^3 .



Решение.

Условие равновесия шарика, после наливания второй жидкости

$$mg = F_{A1} + F_{A2},$$

где $m = \rho_0 V$ – масса шарика, $F_{A1} = \rho_1 g V/2$ – выталкивающая сила, действующая на шарик находящийся в первой жидкости, $F_{A2} = \rho_2 g V/2$ – выталкивающая сила, действующая на шарик находящийся во второй жидкости. Тогда

$$\rho_0 V g = \frac{\rho_1 g V}{2} + \frac{\rho_2 g V}{2}.$$

Откуда искомая плотность шарика

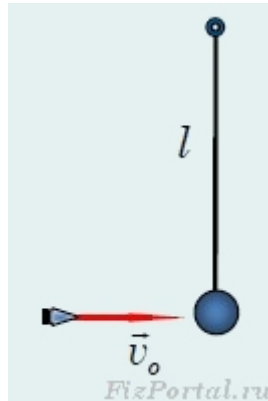
$$\rho_0 = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2}.$$

Подставим численные значения

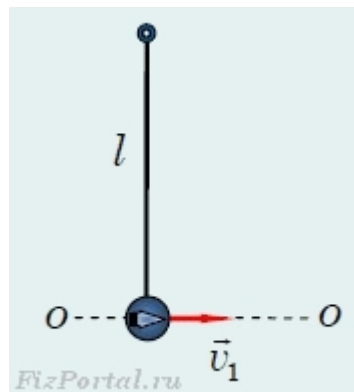
$$\rho_0 = \frac{1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} + 800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}{2} = 900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

В4.10.85). В шар массой $M = 250$ г, висящий на нити длиной $l = 50$ см, попадает и застревает в нем горизонтально летящая пуля массой $m = 10$ г. При какой минимальной скорости пули шар после этого совершит полный оборот в вертикальной плоскости?
 Физика. Задачи с ответами и решениями. А.И. Черноуцан 4.141

Решение.



После того как пуля попадет в шар и застрянет в нем, шар-пуля будут двигаться с одной скоростью v_1 .



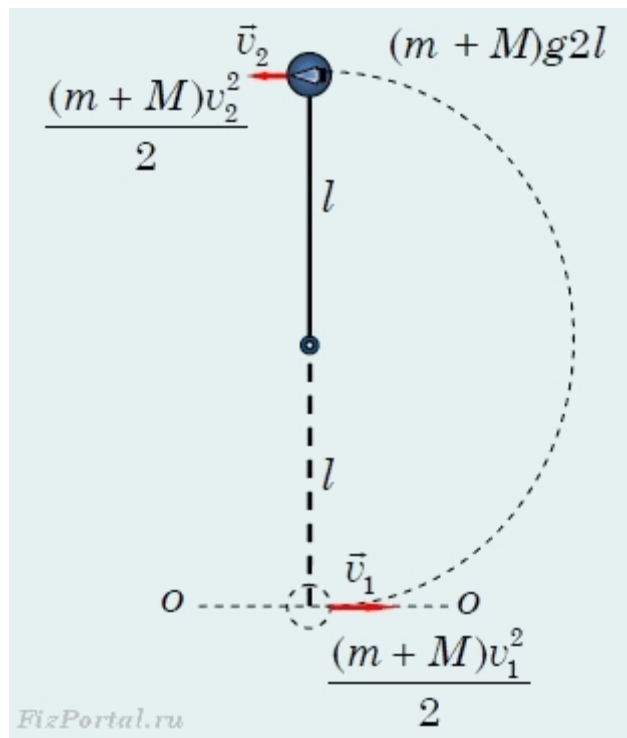
Запишем закон сохранения импульса для пули и шара

$$mv_0 = (m + M)v_1.$$

После того как пуля застрянет в шаре, шар с пулей будут иметь скорость

$$v_1 = \frac{mv_0}{m + M}. \quad (1)$$

Запишем закон сохранения энергии для шара-пули в нижней и верхней точках относительно нулевого уровня **ОО**



$$\frac{(m+M)v_1^2}{2} = \frac{(m+M)v_2^2}{2} + (m+M)g2l. \quad (2)$$

Для того, чтобы шар совершил полный оборот в вертикальной плоскости необходимо в верхней точке наличие некоторой скорости v_2 такой, чтобы шар оказался в состоянии невесомости. В этом случае

$$a_{\text{ц}} = \frac{v_2^2}{l} = g \quad \text{и} \quad v_2 = \sqrt{gl}. \quad (3)$$

Перепишем (2) с учетом (1) и (3)

$$\left(\frac{mv_o}{m+M} \right)^2 = gl + g4l.$$

Откуда искомая скорость пули

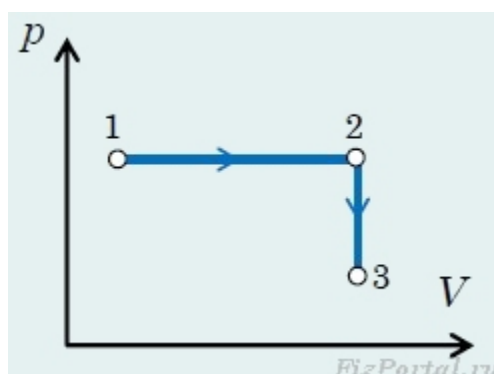
$$v_o = \frac{m+M}{m} \sqrt{5gl}.$$

Подставим численные значения

$$v_o = \frac{10\Gamma + 250\Gamma}{10\Gamma} \sqrt{5 \times 10 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} \times 0,5\text{м}} = 130 \frac{\text{М}}{\text{с}}.$$

Минимальная скорость пули равна **130 м/с**.

(B5). Моль одноатомного идеального газа переводится из состояния **1** в состояние **3** путем изобарического нагрева **1 – 2** и изохорического охлаждения **2 – 3**. На участке **1 – 2** газ совершает работу $A = 1250$ Дж. В процессе всего перехода **1 – 2 – 3** газ получает суммарное (алгебраическая сумма) количество теплоты $Q = 750$ Дж. Если сумма температур $T_2 + T_3 = 740$ К, то в **1-м** состоянии температура равна ... К. Универсальную газовую постоянную принять равной $R = 8,3$ Дж/(моль $\times$ К).



Решение.

В процессе перехода **1 – 2 – 3** подведенное к газу тепло Q складывается из работы A , совершаемой газом в процессе изобарического нагрева, и разности величин внутренней энергии газа в конечном и начальном состоянии, равной соответственно $(3/2)RT_3$ и $(3/2)RT_1$

$$Q = A + \frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_1). \quad (1)$$

Работа газа в изобарическом процессе

$$A = p_1 \Delta V = p_1(V_2 - V_1) = \nu R(T_2 - T_1). \quad (2)$$

Из (1)

$$T_3 - T_1 = \frac{2}{3\nu R}(Q - A), \quad (3)$$

из (2)

$$T_2 - T_1 = \frac{A}{\nu R}. \quad (4)$$

Сложим (4) и (3)

$$T_2 - T_1 + T_3 - T_1 = \frac{A}{\nu R} + \frac{2(Q - A)}{3\nu R}.$$

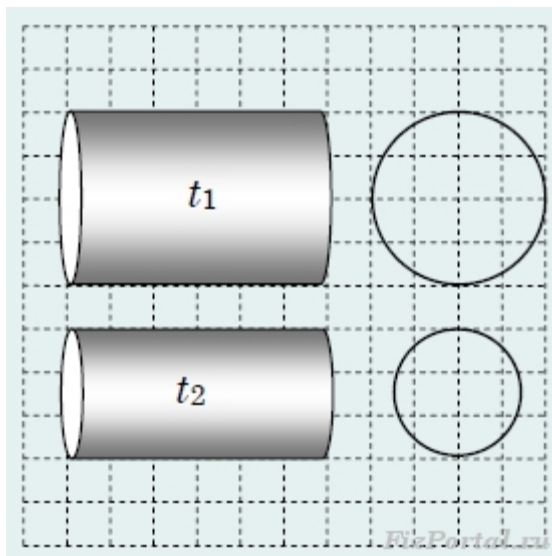
Окончательно

$$T_1 = \frac{T_2 + T_3}{2} - \frac{A}{2\nu R} - \frac{(Q - A)}{3\nu R}.$$

Подставим численные значения

$$T_1 = \frac{740 \text{ К}}{2} - \frac{1250 \text{ Дж}}{2 \times 1 \text{ моль} \times 8,3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \times \text{К}}} - \frac{750 \text{ Дж} - 1250 \text{ Дж}}{3 \times 1 \text{ моль} \times 8,3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \times \text{К}}} = 315 \text{ К}$$

(В6). Два свинцовых цилиндра, нагретых до температуры $t_1 = 18^\circ\text{C}$ и $t_2 = 90^\circ\text{C}$, привели в контакт. Если пренебречь теплообменом с окружающей средой, то при установлении теплового равновесия цилиндры будут иметь температуру равную ... $^\circ\text{C}$. Удельная теплоемкость свинца $c = 120 \text{ Дж}/(\text{кг} \times ^\circ\text{C})$, плотность свинца $\rho = 11300 \text{ кг}/\text{м}^3$.



Решение.

Так как по условию задачи пренебрегаем теплообменом с окружающей средой, то выполняется уравнение теплового баланса для двух цилиндров

$$Q_1 + Q_2 = 0,$$

где Q_1 – теплота принимаемая холодным цилиндром, а Q_2 – теплота отдаваемая горячим цилиндром.

$$cm_1(t - t_1) + cm_2(t - t_2) = 0.$$

Так как цилиндры однородные и одинаковой длины (см. рисунок), то при замене масс через $m = \rho SI$, сократим в уравнении теплового баланса c, l, ρ , тогда

$$S_1(t - t_1) + S_2(t - t_2) = 0.$$

Решаем последнее уравнение относительно искомой температуры t

$$t = \frac{S_1 t_1 + S_2 t_2}{S_1 + S_2}.$$

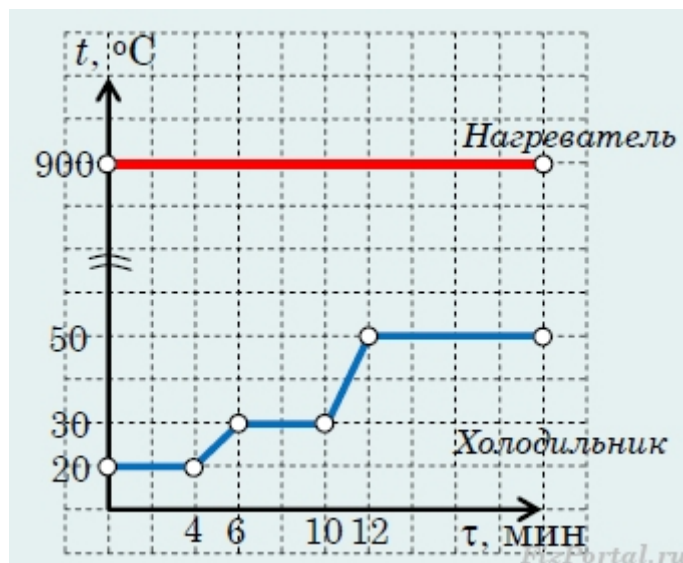
Площадь поперечного сечения цилиндра $S = \pi d^2/4$, окончательно получим

$$t = \frac{d_1^2 t_1 + d_2^2 t_2}{d_1^2 + d_2^2}.$$

Подставим численные значения температур и диаметров (размеры диаметров возьмем из рисунка $d_1 = 4 \text{ кл.}$ $d_2 = 3 \text{ кл.}$)

$$t = \frac{(4\text{кЛ.})^2 \times 18\text{ }^\circ\text{C} + (3\text{кЛ.})^2 d_2^2 \times 90\text{ }^\circ\text{C}}{(4\text{кЛ.})^2 + (3\text{кЛ.})^2} = 44\text{ }^\circ\text{C}.$$

В7). При испытании тепловой машины, работающей по циклу Карно, была получена зависимость температуры нагревателя и холодильника от времени. Максимальный КПД тепловой машины равен ... %.



Решение.

Коэффициент полезного действия тепловой машины Карно равен отношению разности абсолютных температур нагревателя и холодильника к абсолютной температуре нагревателя

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}.$$

Обратите внимание, что на графике температура нагревателя остается постоянной. Максимальная разность температур нагревателя и холодильника в первые **4 мин** испытания, минимальная разность температур нагревателя и холодильника после **12 мин** испытания. Так как температура нагревателя постоянна, то максимальный КПД будет достигаться первые **4 мин**, когда разность температур нагревателя и холодильника будет максимальна

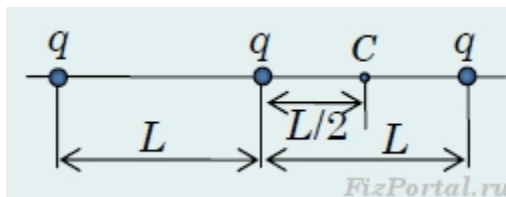
$$\eta_{\max} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}.$$

Подставим численные значения, не забудем перевести температуру по Кельвину

$$\eta_{\max} = \frac{1173 \text{ K} - 293 \text{ K}}{1173 \text{ K}} = 0,75.$$

Максимальный КПД равен **75 %**.

(B8). Три равных по величине и знаку заряда $q = 1 \text{ нКл}$ расположены в вакууме вдоль прямой на одинаковых расстояниях $L = 20 \text{ см}$ друг от друга. Модуль напряженности электрического поля, созданного этими зарядами, в точке С (см. рис.) равен ... В/м.



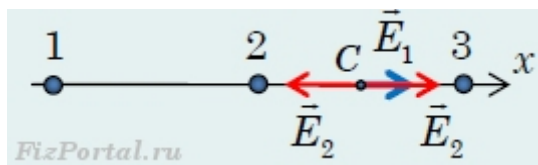
Решение.

Если в данной точке пространства различные заряды создают электрические поля, напряженности которых

$$\vec{E}_1, \vec{E}_2, \vec{E}_3, \dots$$

и. т. д., то результирующая напряженность поля в этой точке равна

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots \quad (1)$$



Проекция результирующего вектора напряженности в точке С

$$E = E_1 + E_2 - E_2 = E_1.$$

Напряженность поля **1-го** точечного заряда на расстоянии $L + L/2 = 3L/2$ равна

$$E = E_1 = \frac{kq}{(3L/2)^2} = \frac{4q}{4\pi\epsilon_0 9L^2} = \frac{q}{9\pi\epsilon_0 L^2}.$$

Подставим численные значения

$$E = \frac{1 \times 10^{-9} \text{ Кл}}{9 \times 3,14 \times 8,85 \times 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}} \cdot (0,2 \text{ м})^2} = 100 \frac{\text{В}}{\text{м}}.$$

(В9.20.39). Источник с ЭДС **2,2 В** и внутренним сопротивлением **1 Ом** замкнут медной проволокой, масса которой **30,3 г**. Сопротивление проволоки равно внутреннему сопротивлению источника. На сколько градусов нагреется проволока за **5 мин**, если удельная теплоемкость меди равна **378 Дж/(кг·К)**?

Решение.

По закону Джоуля-Ленца на проволоке, сопротивлением $r = 1 \text{ Ом}$, выделяется количество теплоты

$$Q = I^2 r \Delta t ,$$

где, по закону Ома для полной цепи

$$I = \frac{\mathcal{E}}{r + r} = \frac{\mathcal{E}}{2r} . \quad (1)$$

Так как КПД этого процесса $\eta = 100 \%$, то вся выделяемая теплота на медном проводнике идет на изменение его внутренней энергии, пренебрегая работой на расширение проволоки

$$Q = I^2 r \Delta t = \Delta U = cm \Delta T .$$

Откуда, с учетом (1), выразим искомое изменение температуры

$$\Delta T = \frac{\mathcal{E}^2}{4} \frac{\Delta t}{cmr} . \quad (2)$$

Подставим численные значения

$$\Delta T = \frac{(2,2 \text{ В})^2}{4} \frac{5 \cdot 60 \text{ с}}{378 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \cdot 30,3 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot 1 \text{ Ом}} = 31,6 \text{ К} .$$

За **5 мин** медная проволока нагреется на **32** градуса.

Примечание: если бы процесс протекал не со стопроцентным КПД, то

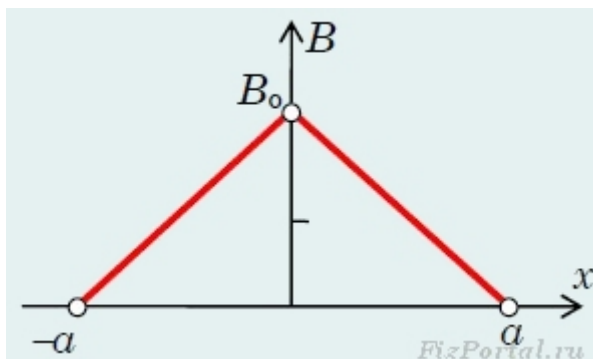
$$\eta I^2 r \Delta t = cm \Delta T ,$$

и

$$\Delta T = \frac{\eta I^2 r \Delta t}{cm} = \frac{\eta \mathcal{E}^2}{4} \frac{\Delta t}{cmr} . \quad (3)$$

Сравнивая (2) и (3), видим, что изменение температуры проволоки, в случае (3) меньше, так как $\eta < 1$.

(В10.Ф1417). Кольцо диаметром $d = 6 \text{ мм}$, сделанное из очень тонкой проволоки с удельным сопротивлением $\rho = 2 \times 10^{-8} \text{ Ом} \times \text{м}$ и плотностью $D = 9 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$, пролетает по прямой между полюсами магнита, не успев при этом повернуться. Оцените изменение скорости кольца, если его скорость перед пролетом была $v_0 = 20 \text{ м/с}$. Магнитное поле направлено перпендикулярно плоскости кольца, вектор скорости кольца параллелен плоскости кольца. Зависимость магнитной индукции поля от координаты x (вдоль которой движется кольцо) приведена на рисунке, где $B_0 = 1 \text{ Тл}$, $a = 10 \text{ см}$.



Решение.

На кольцо со стороны магнитного поля действует тормозящая сила. Рассчитать ее «в лоб» не так просто, зато изменение скорости можно найти довольно легко из энергетических соображений. Во время пролета между полюсами магнита в кольцо выделяется некоторое количество теплоты, как раз равное изменению кинетической энергии кольца – энергия взаимодействия тока кольца с магнитным полем до того, как кольцо влетает в магнитное поле, и после того, как оно покидает поле, равна нулю.

Расчет сильно упростится, если изменение скорости будет небольшим. Сделаем такое предположение, а в конце посмотрим – справедливо ли оно. И еще: размеры кольца малы по сравнению с размерами области поля, поэтому тем, что происходит при входе кольца в поле и выходе из него, мы интересоваться не будем. Итак, ток, возникающий в кольце, равен

$$I = \frac{\mathcal{E}_i}{R} = \frac{\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}}{R} = \frac{B_0 S v_0}{a R} = \text{const.}$$

Время пролета составляет

$$t = \frac{2a}{v_0}.$$

Тогда выделившееся количество теплоты будет равно

$$Q = I^2 R t = \frac{2B_0^2 S^2 v_0}{a R}.$$

Изменение скорости выразим из соотношения

$$\frac{mv_o^2}{2} - \frac{m(v_o - \Delta v)^2}{2} \approx mv_o \Delta v = Q,$$

откуда

$$\Delta v = \frac{2B_o^2 S^2}{maR} = \frac{B_o^2 d^2}{8D\rho a} = 0,25 \frac{\text{м}}{\text{с}} \ll v_o.$$

(B12). Дифракционная решетка содержит **200** штрихов на каждый миллиметр. На решетку нормально падает монохроматический свет с длиной волны **5750** ангстрем. Под каким углом виден наибольший порядок спектра.

Решение.

Число штрихов на единицу длины N и постоянная дифракционной решетки d связаны обратной пропорциональной зависимостью:

$$d = \frac{1}{N}; \quad d = \frac{1}{200} (\text{мм}) = 5 \cdot 10^{-6} \text{ м}.$$

Для дифракционных максимумов, полученных с помощью дифракционной решетки, справедливо соотношение

$$d \sin \varphi = k \lambda. \quad (1)$$

Число главных максимумов, даваемых решеткой, $k_{\max}$ вычислим, исходя из того, что максимальный угол отклонения лучей не может превышать 90° . Из соотношения (1) получим:

$$k_{\max} = \frac{d \sin \varphi_{\max}}{\lambda}.$$

Подставляя числовые значения, имеем

$$k_{\max} = \frac{5 \cdot 10^{-6} \text{ м} \cdot \sin 90^\circ}{5,75 \cdot 10^{-7} \text{ м}} \approx 8,7.$$

Число $k_{\max}$ должно быть целым. Оно не может принять значение, равное **9**, так как при этом значении $\sin \varphi$ должен быть больше **1**, что невозможно. Следовательно, $k_{\max} = 8$.

Тогда из (1)

$$\sin \varphi = \frac{k \lambda}{d}, \text{ и } \varphi = \arcsin \left(\frac{k \lambda}{d} \right).$$

Подставим численные значения

$$\varphi = \arcsin \left(\frac{8 \cdot 5,75 \cdot 10^{-7} \text{ м}}{5 \cdot 10^{-6} \text{ м}} \right) = 67^\circ.$$

Примечание: формулу (1) перепишем в виде

$$\frac{1 (\text{мм})}{N} \sin \varphi = k \lambda,$$

откуда число штрихов, приходящихся на **1 мм**, для дифракционной решетки, на которую падает свет с $\lambda = 400 \text{ нм}$, для $k = 2$, видимого под углом **30°** (как в 1-м варианте) равно

$$N = \frac{1(\text{мм})}{k\lambda} \sin \varphi = \frac{1 \cdot 10^{-3} \text{ м}}{2 \cdot 400 \cdot 10^{-9} \text{ м}} \sin 30^\circ = 625.$$

1 Å = 1 Ангстрем = 10^{-10} м. Названа в честь шведского физика и астронома [Андерса Ангстрема](#). В физике, данная единица измерения используется частенько. Например, 10^{-10} м – это приблизительный радиус орбиты электрона в невозбуждённом атоме водорода. Предпочтительнее использовать нанометр: **1 нм = 1×10^{-9} м = 10×10^{-10} м = 10 Å.**