

Решения

↑ Задание 1 № 10173 тип 1

Велосипедист едет по кольцевому велотреку диаметром 200 м с постоянной по модулю скоростью. За минуту он проезжает путь, равный трём диаметрам трека. Чему равен модуль ускорения велосипедиста? Ответ выразите в м/с^2 .

Решение.

Скорость велосипедиста равна

$$v = \frac{S}{t} = \frac{3 \cdot 200}{60} = 10 \text{ м/с.}$$

Велосипедист движется по окружности с центростремительным ускорением

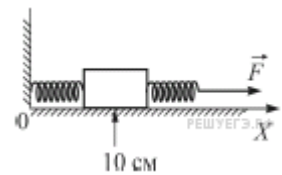
$$a = \frac{v^2}{R} = \frac{10^2}{100} = 1 \text{ м/с}^2.$$

Ответ: 1.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 1

↑ Задание 2 № 6638 тип 2

К бруску массой 5 кг, находящемуся на гладкой горизонтальной поверхности, прикреплены две горизонтальные пружины. Концы пружин жёстко прикреплены к стене. К свободному концу правой пружины жёсткостью 100 Н/м приложена горизонтально направленная сила $F = 5$ Н. При этом система находится в равновесии и растяжение правой пружины в 2 раза больше, чем растяжение левой пружины. Координата середины бруска равна 10 см. Чему равна координата середины бруска при недеформированных пружинах? Ответ приведите в сантиметрах.



Решение.

Найдём растяжение правой пружинки: $x_1 = \frac{5 \text{ Н}}{100 \text{ Н/м}} = 0,05 \text{ м} = 5 \text{ см}$. Значит, растяжение второй пружины: $x_2 = \frac{x_1}{2} = 2,5 \text{ см}$. Следовательно, координата середины бруска при недеформированных пружинах: $10 \text{ см} - 2,5 \text{ см} = 7,5 \text{ см}$.

Ответ: 7,5.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 7,5

↑ Задание 3 № 9527 тип 3

Изначально покоившемуся телу массой 2,5 кг сообщают начальную скорость, вектор которой направлен вверх вдоль наклонной плоскости. К моменту остановки тела его потенциальная энергия в поле силы тяжести увеличивается на 15 Дж относительно начального положения, при этом выделяется количество теплоты 5 Дж. Определите модуль начального импульса тела.

Решение.

В начале своего движения тело обладает только кинетической энергией, которая затем переходит в потенциальную энергию и выделяется в виде тепла за счет работы силы трения:

$$E_k = \frac{p^2}{2m} = A + Q.$$

Найдем отсюда величину начального модуля импульса:

$$p = \sqrt{2m(A + Q)} = \sqrt{2,5 \cdot 2 \cdot 20} = 10 \text{ кг} \cdot \text{м/с}.$$

Ответ: 10 кг·м/с.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 10

↑ Задание 4 № 606 тип 4

На рисунке представлен график зависимости потенциальной энергии математического маятника (относительно положения его равновесия) от времени. Какова кинетическая энергия маятника в момент времени $t = 1$ с? (Ответ дайте в джоулях.)

Решение.

При колебании математического маятника выполняется закон сохранения полной механической энергии, так как на маятник не действует никаких внешних сил, совершающих работу. В любой момент времени имеем

$$E_{\text{кин}}(t) + E_{\text{пот}}(t) = E_{\text{полн.мех.}} = \text{const}.$$

Из графика видно, что в момент времени $t = 1$ с потенциальная энергия обращается в ноль. Следовательно, в этот момент времени кинетическая энергия совпадает с полной механической энергией. Значение последней можно найти из графика в точках максимума потенциальной энергии (когда обращается в ноль кинетическая энергия). В итоге, имеем

$$E_{\text{кин}}(t = 1 \text{ с}) = 20 \text{ Дж}.$$

Ответ: 20.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 20

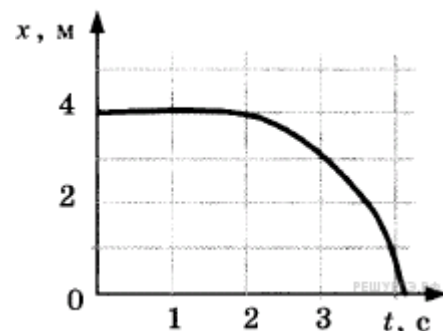
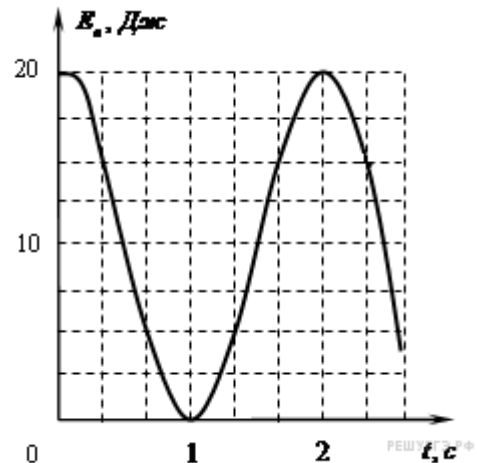
↑ Задание 5 № 8064 тип 5

Шарик катится по прямому желобу. Изменение координаты шарика с течением времени в инерциальной системе отсчёта показано на графике. На основании этого графика выберите два верных утверждения о движении шарика.

- 1) Первые 2 с шарик покоился, а затем двигался с возрастающей скоростью.
- 2) На шарик действовала всё увеличивающаяся сила.
- 3) Первые 2 с скорость шарика не менялась, а затем её модуль постепенно уменьшался.
- 4) Путь, пройденный шариком за первые 3 с, равен 1 м.
- 5) Скорость шарика постоянно уменьшалась.

Решение.

Скорость — это производная координаты по времени. Графически, скорость — это тангенс угла наклона графика зависимости координаты от времени. Заметим, что скорость данного тела на отрезке от 0 до 2 с равна нулю, а далее проекция скорости становится отрицательной.



Также заметим, что за первые 3 с шарик прошёл путь, равный 1 м.
Таким образом, верные утверждения под номерами 1 и 4.

Ответ: 14.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 14

↑ Задание 6 № 5773 тип 6

Тело съезжает вниз по гладкой наклонной плоскости с начальной высоты H до уровня пола. Затем проводят опыт с другой наклонной плоскостью с меньшим углом наклона к горизонту; при этом начальную высоту H , с которой съезжает тело, оставляют прежней. Как в результате этого изменятся следующие физические величины: время соскальзывания тела до уровня пола, модуль скорости тела вблизи пола, модуль силы нормальной реакции наклонной плоскости?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится;
- 2) уменьшится;
- 3) не изменится.

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ИХ ИЗМЕНЕНИЕ

А) Время соскальзывания тела до уровня пола

1) увеличится

Б) Модуль скорости тела вблизи пола

2) уменьшится

В) Модуль силы нормальной реакции наклонной плоскости

3) не изменится

А	Б	В

Решение.

Направим оси вдоль движения и перпендикулярно к нему. Запишем второй закон Ньютона в проекциях:

$$\begin{cases} N = mg \cos \alpha, \\ mg \sin \alpha = ma. \end{cases}$$

Отсюда видно, что при уменьшении угла наклона плоскости сила реакции опоры N увеличивается. (В — 1).

При соскальзывании потенциальная энергия тела $E_p = mgH$ вблизи пола полностью переходит в кинетическую $E_k = mv^2/2$. Поскольку высота горки не изменилась, скорость вблизи пола также не изменилась. (Б — 3).

Пройденный телом путь выражается через высоту наклонной плоскости и угол её наклона:

$L = \frac{H}{\sin \alpha}$. С другой стороны, этот же путь при равноускоренном движении, рассчитывается по формуле

$$L = \frac{at^2}{2}.$$

Приравняв оба выражения, находим время:

$$t = \sqrt{\frac{2H}{g \sin^2 \alpha}},$$

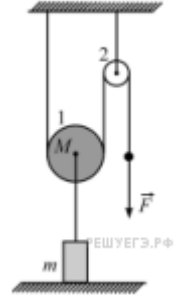
откуда следует, что при уменьшении угла наклона время соскальзывания увеличится. (А — 1).

Ответ: 131.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 131

↑ **Задание 7 № 9175 тип 7**

На рисунке изображён подъёмный механизм, с помощью которого равномерно поднимают груз массой $m = 6$ кг, прикладывая к концу лёгкой нерастяжимой нити некоторую силу \vec{F} . Механизм состоит из блока 1, имеющего массу $M = 3$ кг, и невесомого блока 2. Трение в осях блоков пренебрежимо мало. Установите соответствие между физическими величинами и их значениями. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА	ЕЁ ЗНАЧЕНИЕ (В СИ)
А) КПД механизма, %	1) $\approx 33,3$
Б) Модуль силы натяжения нити, лежащей между блоками	2) 45
	3) $\approx 66,7$
	4) 90

А	Б

Решение.

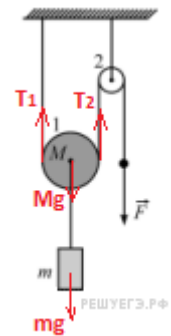
По второму закону Ньютона $Mg + mg - T_1 - T_2 = 0$, так как $T_1 = T_2$, то

$$T = \frac{Mg + mg}{2} = 45 \text{ Н.}$$

Значит, модуль силы натяжения нити, лежащей между блоками 45. (Б — 2)

Полезная работа по поднятию груза на h равна $A_{\text{пол}} = mgh$, общая энергия равна $2Fh$, по второму закону Ньютона $F = T$. Значит, КПД системы равно:

$$\eta = \frac{A_{\text{пол}}}{A_{\text{общ}}} \cdot 100\% = \frac{mg}{2T} \cdot 100\% = \frac{60}{90} \cdot 100\% \approx 66,7\%. \text{ (А — 3)}$$



Ответ: 32.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 32

↑ **Задание 8 № 9114 тип 8**

В сосуде объёмом 1 л находится 10 г идеального газа при давлении 1 атм и температуре 300 К. Во втором сосуде объёмом 3 л находится 30 г того же газа при давлении 2 атм. Чему равна температура (в К) газа во втором сосуде?

Решение.

Состояние идеального газа описывается уравнением Клапейрона — Менделеева: $pV = \frac{m}{M}RT$.

Молярная масса газа равна $M = \frac{m_1RT_1}{p_1V_1}$. Тогда температура того же газа в другом сосуде:

$$T = \frac{Mp_2V_2}{m_2R} = \frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{p_2}{p_1} \cdot \frac{V_2}{V_1} \cdot T_1 = \frac{10}{30} \cdot \frac{2}{1} \cdot \frac{3}{1} \cdot 300 \text{ К} = 600 \text{ К.}$$

Ответ: 600.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 600

↑ Задание 9 № 1013 тип 9

Идеальный газ получил количество теплоты 300 Дж и совершил работу 100 Дж. Чему равно изменение внутренней энергии газа? Ответ дайте в джоулях.

Решение.

Согласно первому началу термодинамики, тепло, переданное системе, идет на изменение внутренней энергии и совершение работы против внешних сил: $Q = \Delta U + A$. Отсюда находим изменение внутренней энергии газа

$$\Delta U = Q - A = 300 \text{ Дж} - 100 \text{ Дж} = 200 \text{ Дж}.$$

Ответ: 200.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 200

↑ Задание 10 № 3525 тип 10

Какое количество теплоты необходимо для плавления 2,5 т стали, взятой при температуре плавления? Удельная теплота плавления стали $\lambda = 80 \text{ кДж/кг}$. Теплопотерями пренебречь. Ответ выразите в МДж.

Решение.

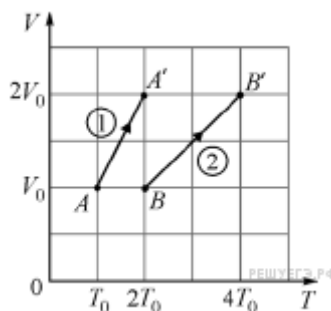
Поскольку теплопотерями можно пренебречь, количество теплоты, необходимое для плавления 2,5 т стали при температуре плавления равно $Q = \lambda m = 80 \text{ кДж/кг} \cdot 2500 \text{ кг} = 200 \text{ МДж}$.

Ответ: 200.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 200

↑ Задание 11 № 10985 тип 11

В двух сосудах (1) и (2) объёмом V_0 каждый находятся одинаковые идеальные одноатомные газы. Исходные состояния этих газов соответствуют точкам A и B на VT -диаграмме (см. рисунок). Известно, что сначала давление в обоих сосудах одинаковое. Затем из исходных состояний газы переводят в новые конечные состояния A' и B' .



Выберите два верных утверждения на основании анализа представленного графика.

1) В исходном состоянии концентрация молекул газа в сосуде (1) больше концентрации молекул газа в сосуде (2).

2) В конечном состоянии средняя кинетическая энергия хаотического движения молекул газа в сосуде (1) равна средней кинетической энергии хаотического движения молекул газа в сосуде (2).

3) Масса газа в сосуде (1) меньше массы газа в сосуде (2).

4) Изменение внутренней энергии газа, находящегося в сосуде (1), при его переходе из состояния A в состояние A' меньше изменения внутренней энергии газа, находящегося в сосуде (2), при его переходе из состояния B в состояние B' .

5) Работа, совершённая газом, находящимся в сосуде (1) в процессе $A \rightarrow A'$, равна работе, совершённой газом, находящимся в сосуде (2) в процессе $B \rightarrow B'$.

Решение.

1) Из условия задачи следует, что в начальный момент времени давление и объем в сосудах были одинаковы, а температура во втором сосуде в 2 раза больше, чем в первом сосуде. Согласно уравнению Менделеева — Клапейрона

$$pV = \nu RT = \frac{m}{M}RT,$$

откуда следует, что масса газа в первом сосуде в 2 раза больше, чем во втором. Утверждение 3 — неверно.

Концентрация частиц может быть найдена как

$$n = \frac{N}{V} = \frac{\nu N_A}{V}.$$

Таким образом, концентрация газа в первом сосуде в 2 раза больше, чем во втором. Утверждение 1 — верно.

2) Средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул одноатомного идеального газа связана с его абсолютной температурой соотношением: $E = \frac{3}{2}kT$. В конечном состоянии температура газа выше во втором сосуде, а значит, частицы газа в этом сосуде обладают большей средней кинетической энергией. Утверждение 2 — неверно.

4) Внутренняя энергия одноатомного идеального газа пропорциональна его температуре

$$\Delta U = \frac{3}{2}\nu R\Delta T.$$

Учитывая, что в первом сосуде газа находится больше, внутренняя энергия в обоих сосудах изменилась на одинаковую величину. Утверждение 4 — неверно.

5) Как видно из графика, в обоих сосудах происходит изобарный процесс, в котором работа газа может быть вычислена по формуле

$$A = p\Delta V.$$

Первоначальное давление в обоих сосудах равно, а объем изменился на одну и ту же величину. Таким образом, работа, совершённая газом, находящимся в сосуде (1) в процессе $A \rightarrow A'$, равна работе, совершённой газом, находящимся в сосуде (2) в процессе $B \rightarrow B'$. Утверждение 5 — верно.

Ответ: 15.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 15

↑ Задание 12 № 10945 тип 12

В закрытом сосуде с жёсткими стенками находятся в равновесии друг с другом жидкая вода и её пар. Содержимое сосуда немного охлаждают. Как изменится в результате этого плотность пара в сосуде и масса жидкой воды? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Плотность пара в сосуде	Масса жидкой воды

Решение.

В сосуде находятся вода и насыщенный пар. Насыщенный пар — это пар, находящийся в динамическом равновесии с жидкостью. При неизменном объёме плотность насыщенного пара уменьшается с понижением температуры. Другими словами, при понижении температуры скорость испарения жидкости уменьшается, и часть пара конденсируется, чтобы достигнуть динамического равновесия при уменьшенном количестве пара. Соответственно масса воды при уменьшении температуры увеличится.

Ответ: 21.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 21

↑ **Задание 13 № 6343 тип 13**

Два длинных прямых провода, по которым протекают постоянные электрические токи, расположены параллельно друг другу. В таблице приведена зависимость модуля силы F магнитного взаимодействия этих проводов от расстояния r между ними.

$r, \text{ м}$	1	2	3	4	5
$F, \text{ мкН}$	12	6	4	3	2,4

Чему будет равен модуль силы магнитного взаимодействия между этими проводами, если расстояние между ними сделать равным 6 м, не меняя силы текущих в проводах токов? (Ответ дать в мкН.)

Решение.

Из таблицы заметим, что зависимость силы взаимодействия проводников обратно пропорциональна расстоянию между ними $F \sim \frac{1}{r}$. На расстоянии 1 м сила взаимодействия равна 12 мкН, следовательно, на расстоянии 6 м она будет в $6/1 = 6$ раз меньше, то есть 2 мкН.

Ответ: 2.

Примечание.

Сила магнитного взаимодействия двух длинных проводников с током (на каждую единицу длины) рассчитывается по формуле $F = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r}$.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 2

↑ **Задание 14 № 8729 тип 14**

Школьник проводил эксперименты, соединяя друг с другом различными способами батарейку и пронумерованные лампочки. Сопротивление батарейки и соединительных проводов было пренебрежимо мало. Измерительные приборы, которые использовал школьник, можно считать идеальными. Сопротивление всех лампочек не зависит от напряжения, к которому они подключены. Ход своих экспериментов и полученные результаты школьник заносил в лабораторный журнал. Вот что написано в этом журнале.

Опыт А). Подсоединил к батарейке лампочку № 1. Сила тока через батарейку 2 А, напряжение на лампочке 8 В.

Опыт Б). Подключил лампочку № 2 последовательно с лампочкой № 1. Сила тока через лампочку № 1 равна 1 А, напряжение на лампочке № 2 составляет 4 В.

Опыт В). Подсоединил параллельно с лампочкой № 2 лампочку № 3. Сила тока через лампочку № 1 примерно 1,14 А, напряжение на лампочке № 2 примерно 3,44 В.

Исходя из записей в журнале определите сопротивление лампочки № 3. (Ответ дайте в омах с точностью до десятых.)

Решение.

Из опыта А ясно, что сопротивление лампочки № 1: $\frac{8 \text{ В}}{2 \text{ А}} = 4 \text{ Ом}$. Поскольку сопротивлением проводов пренебрегаем, напряжение на лампочке равно ЭДС.

В опыте Б лампочки 1 и 2 подключены последовательно, значит, через лампочку 2 также идёт ток 1 ампер. Следовательно сопротивление лампочки 2 равно $\frac{4 \text{ В}}{1 \text{ А}} = 4 \text{ Ом}$.

Опыт В. Сила тока через лампочку 2 равна $\frac{3,44 \text{ В}}{4 \text{ Ом}} = 0,86 \text{ А}$, следовательно, ток через лампочку 3 равен $1,14 \text{ А} - 0,86 \text{ А} = 0,28 \text{ А}$. Лампочки 2 и 3 соединены параллельно, следовательно, напряжение на них одинаково, значит, сопротивление лампочки 3: $\frac{3,44 \text{ В}}{0,28 \text{ А}} \approx 12,3 \text{ Ом}$.

Ответ: 12,3.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 12,3

↑ Задание 15 № 7356 тип 15

В состав колебательного контура входят конденсатор ёмкостью 2 мкФ, катушка индуктивности и ключ. Соединение осуществляется при помощи проводов с пренебрежимо малым сопротивлением. Вначале ключ разомкнут, а конденсатор заряжен до напряжения 8 В. Затем ключ замыкают. Чему будет равна запасённая в конденсаторе энергия через $1/6$ часть периода колебаний, возникших в контуре? Ответ выразите в мкДж.

Решение.

Энергия конденсатора может быть посчитана по формуле: $E = \frac{CU^2}{2}$.

В колебательном контуре зависимость напряжения на конденсаторе описывается выражением: $U = U_m \cos(2\pi t/T)$.

Через $1/6$ периода: $U = 8 \cdot \cos(\pi/3) = 8 \cdot 0,5 = 4 \text{ В}$.

Найдём запасённую энергию: $E = \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 16}{2} = 16 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$.

Ответ: 16.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 16

↑ Задание 16 № 6865 тип 16

Школьник проводил эксперименты, соединяя друг с другом различными способами батарейку и пронумерованные лампочки. Сопротивление батарейки и соединительных проводов было пренебрежимо мало. Измерительные приборы, которые использовал школьник, можно считать идеальными. Сопротивление всех лампочек не зависит от напряжения, к которому они подключены. Ход своих экспериментов и полученные результаты школьник заносил в лабораторный журнал. Вот что написано в этом журнале.

Опыт А). Подсоединил к батарейке лампочку № 1. Сила тока через батарейку 2 А, напряжение на лампочке 12 В.

Опыт Б). Подключил лампочку № 2 последовательно с лампочкой № 1. Сила тока через лампочку № 1 равна 1 А, напряжение на лампочке № 2 составляет 6 В.

Опыт В). Подсоединил последовательно с лампочками № 1 и № 2 лампочку № 3. Сила тока через батарейку равна 0,5 А, напряжение на лампочке № 1 составляет 3 В.

Исходя из записей в журнале, выберите два правильных утверждения и запишите в таблицу цифры, под которыми указаны эти утверждения.

- 1) ЭДС батарейки равна 12 В
- 2) лампочки № 1 и № 2 разные
- 3) лампочки № 1 и № 3 одинаковые
- 4) сопротивление лампочки № 3 в два раза больше сопротивления лампочки № 2
- 5) все три лампочки имеют разное сопротивление

Решение.

Сделаем выводы из каждого опыта.

Из опыта А ясно, что сопротивление лампочки № 1: $\frac{12 \text{ В}}{2 \text{ А}} = 6 \text{ Ом}$. Поскольку сопротивлением проводов пренебрегаем, напряжение на лампочке равно ЭДС.

В опыте Б лампочки 1 и 2 подключены последовательно, значит, через лампочку 2 также идёт ток 1 ампер. Следовательно сопротивление лампочки 2 равно $\frac{6 \text{ В}}{1 \text{ А}} = 6 \text{ Ом}$.

Опыт В. Все элементы подключены последовательно, поэтому сила тока через все лампочки равна 0,5 ампер. Следовательно, напряжение на лампочке 2 равно $0,5 \text{ А} \cdot 6 \text{ Ом} = 3 \text{ В}$. Следовательно, напряжение на лампочке 3 равно $12 \text{ В} - 3 \text{ В} - 3 \text{ В} = 6 \text{ В}$. Значит, сопротивление лампочки 3 равно $\frac{6 \text{ В}}{0,5 \text{ А}} = 12 \text{ Ом}$.

Таким образом, верными являются утверждения 1 и 4.

Ответ: 14.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 14

↑ Задание 17 № 10991 тип 17

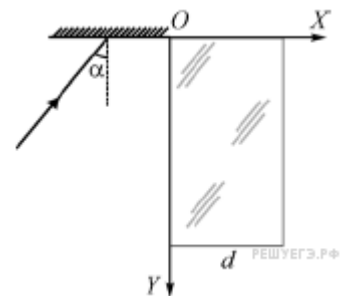
На поверхность плоского зеркала, перпендикулярного оси OY , падает луч света под углом α . Отражаясь от зеркала, луч попадает на поверхность плоско-параллельной стеклянной пластины толщиной d (см. рисунок).

Угол падения луча на поверхность зеркала уменьшают. Как в результате этого изменятся угол преломления луча при входе в пластину и расстояние вдоль оси OY между точками входа луча в пластину и выхода из неё?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.



Угол преломления луча при входе в пластину	Расстояние вдоль оси OY между точками входа луча в пластину и выхода из неё

Решение.

Для зеркала угол падения равен углу отражения. Уменьшение угла падения луча на поверхность зеркала приведет к увеличению угла падения луча на пластину.

По закону преломления Снеллиуса синусы углов падения и преломления связаны с показателями преломления двух сред соотношением

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}.$$

Увеличение угла падения приведет к увеличению угла преломления. Расстояние вдоль OY между точкой входа и выхода из пластины пропорционально синусу угла преломления, а значит, это расстояние также увеличится.

Ответ: 11.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 11

↑ **Задание 18 № 3613 тип 18**

Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью C и катушки индуктивностью L . При электромагнитных колебаниях, происходящих в этом контуре, максимальное напряжение конденсатора равно U . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) Энергия запасенная в колебательном контуре
 Б) Максимальная сила тока, протекающего через катушку

ИХ
ИЗМЕНЕНИЕ

- 1) $\frac{CU^2}{2}$
 2) $\frac{U^2}{2L}$
 3) $\frac{UL}{C}$
 4) $U\sqrt{\frac{C}{L}}$

А	Б

Решение.

Для колебательного контура, состоящего из катушки и конденсатора, выполняется закон сохранения энергии: полная энергия колебательного контура, включающая энергию электрического поля конденсатора и энергию магнитного поля катушки, сохраняется. Когда напряжение на конденсаторе максимально, заряд на нем максимален, ток через катушку при этом обращается в ноль, поэтому вся энергия, запасенная в колебательном контуре, содержится в конденсаторе, а значит, ее можно найти по формуле: $\frac{CU^2}{2}$ (А — 1).

Амплитудные значения тока и заряда, связаны соотношением $I_m = q\omega$, где ω — циклическая частота. Вспоминая связь последней с величинами индуктивности катушки и емкости конденсатора, $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$, а также связь напряжения на конденсаторе с зарядом на нем, $q = CU$, для максимальной силы тока, протекающей через катушку, имеем $I_m = q\omega = CU \cdot \frac{1}{\sqrt{LC}} = U\sqrt{\frac{C}{L}}$ (Б — 4).

Ответ: 14.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 14

↑ **Задание 19 № 10717 тип 19**

В результате реакции ${}_{13}^{27}\text{Al} + \gamma \rightarrow {}_Z^A\text{X} + {}_{12}^{26}\text{Mg}$ образуется некоторое ядро X. Каковы заряд образовавшегося ядра Z (в единицах элементарного заряда) и его массовое число A?

Заряд ядра Z	Массовое число ядра A

Решение.

В ходе реакции должен выполняться закон сохранения зарядового и массового числа.

$$\begin{cases} 27 = A + 26, \\ 13 = Z + 12, \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} A = 1, \\ Z = 1. \end{cases}$$

Ответ: 11.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 11

↑ **Задание 20 № 7090 тип 20**

Фотон с энергией 8 эВ выбивает электрон из металлической пластинки с работой выхода 2 эВ (катода). Пластинка находится в сосуде, из которого откачан воздух. Электрон разгоняется однородным электрическим полем напряженностью $E = 5 \cdot 10^4$ В/м. До какой скорости электрон разгонится в этом поле, пролетев путь $s = 5 \cdot 10^{-4}$ м вдоль линии поля?

Релятивистские эффекты не учитывать. Ответ выразите в м/с и округлите до второй значащей цифры.

Решение.

Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта: $h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{mv^2}{2}$.

Энергия ускоренных электронов: $E_e = \frac{mv^2}{2} + eEs = h\nu - A_{\text{вых}} + eEs = \frac{mv_{\text{к}}^2}{2}$.

Выражаем конечную скорость электрона:

$$v_{\text{к}} = \sqrt{\frac{2}{m}(h\nu - A_{\text{вых}} + eEs)} = \sqrt{\frac{2}{9,1 \cdot 10^{-31}}(8 - 2 + 5 \cdot 10^4 \cdot 5 \cdot 10^{-4}) \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 3,3 \cdot 10^6 \text{ м/с.}$$

Ответ: 3300000.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 3300000

↑ **Задание 21 № 10995 тип 21**

Ядро некоторого химического элемента A содержит n протонов и n + 1 нейтронов. Ядро некоторого химического элемента B содержит n + 1 протонов и n - 1 нейтронов.

Установите соответствие между ядрами этих химических элементов и их изотопами, перечисленными в таблице. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ЯДРА
ЭЛЕМЕНТОВ

- А) ядро A
Б) ядро B

ИХ ИЗОТОПЫ

- 1) ядро с числом протонов $2n + 1$ и числом нуклонов n
2) ядро с числом протонов n и числом нуклонов $2n + 2$
3) ядро с числом протонов $2n$ и числом нуклонов $n - 1$
4) ядро с числом протонов $n + 1$ и числом нуклонов $2n + 1$

Решение.

Изотопами называются ядра атомов, обладающие одинаковым зарядовым числом и разными массовыми числами. Изотопом ядра A будет являться ядро с числом протонов n и числом нуклонов $2n + 2$, а ядра B — ядро с числом протонов $n + 1$ и числом нуклонов $2n + 1$.

Ответ: 24

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 24

↑ **Задание 22 № 8207 тип 22**

Ученик измерял силу тяжести, действующую на груз. Показания динамометра приведены на фотографии. Погрешность измерения равна цене деления динамометра. Запишите в ответ величину силы тяжести, действующей на груз, с учётом погрешности измерений. В ответе запишите значение и погрешность слитно без пробела.



Решение.

Из рисунка видно, что между метками «1,0» и «1,5» находится 5 делений. Цена деления составляет $(1,5 - 1,0) : 5 = 0,1$ Н. По условию погрешность измерений равна цене деления. Стрелка указывает на значение 4,3 Н. Сила тяжести равна $(4,3 \pm 0,1)$ Н.

Ответ: 4,30,1.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 4,30,1

↑ **Задание 23 № 6007 тип 23**

Идеальный одноатомный газ нагревается при постоянном объёме. В таблице приведена зависимость внутренней энергии U этого газа от его давления p . Чему равен объём газа? (Ответ дать в метрах в кубе.)

p , атм	1	2	3	4	5
U , кДж	300	600	900	1200	1500

Решение.

Внутренняя энергия одноатомного газа вычисляется по формуле:

$$U = \frac{3m}{2\mu}RT.$$

Вспомнив уравнение состояния идеального газа: $pV = \frac{m}{\mu}RT$, представим энергию одноатомного газа в виде:

$$U = \frac{3}{2}pV.$$

Подставляя какие-либо два парных значения p и U из таблицы найдём объём газа:

$$V = \frac{2U}{3p} = \frac{2}{3} \cdot \frac{300 \cdot 10^3}{10^5} = 2 \text{ м}^3.$$

Ответ: 2.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 2

↑ Задание 24 № 9444 тип 24

Используя таблицу, содержащую сведения о ярких звездах, выполните задание.

Наименование звезды	Температура, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)	Созвездие, в котором находится звезда
Капелла	5200	3	2,5	Возничий
Менкалинан (β Возничего А)	9350	2,7	2,4	Возничий
Денеб	8550	21	210	Лебедь
Садр	6500	12	255	Лебедь
Бетельгейзе	3100	20	900	Орион
Ригель	11 200	40	138	Орион
Альдебаран	3500	5	45	Телец
Эльнат	14 000	5	4,2	Телец

Выберите *два* утверждения, которые соответствуют характеристикам звезд.

- 1) Звезды Денеб и Садр относятся к одному созвездию, значит, находятся на одинаковом расстоянии от Солнца.
- 2) Звезда Ригель является сверхгигантом.
- 3) Температура на поверхности Солнца в 2 раза ниже, чем на поверхности Альдебарана.
- 4) Звезда Ригель относится к красным звездам спектрального класса М.
- 5) Звезды Садр и Ригель относятся к различным спектральным классам.

Решение.

1) Звёзды одного созвездия находятся на *небольших угловых расстояниях* друг от друга. Расстояния звёзд до Земли не влияют на разбиение их по созвездиям.

Утверждение 1 *неверно*.

2) Высокая температура, масса и радиус Ригеля позволяют отнести его сверхгигантам.

Утверждение 2 *верно*.

3) Температура на поверхности Альдебарана (3500 К) меньше, чем на поверхности Солнца (6000 К).

Утверждение 3 *неверно*.

4) Ригель относится к звёздам спектрального класса В.

Утверждение 4 *неверно*.

5) Температуры поверхностей Садра и Ригеля сильно различаются, они относятся к различным спектральным классам.

Утверждение 5 *верно*.

Ответ: 25

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 25

↑ Задание 25 № 5551 тип 25

На рисунке показан график изменения давления 32 моль газа при изохорном нагревании. Каков объём этого газа? Ответ приведите в м³ с точностью до десятых.

Решение.

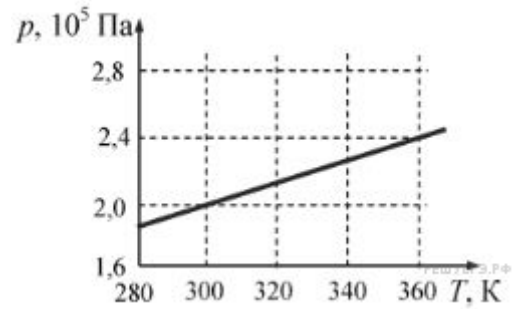
Идеальный газ подчиняется уравнению состояния Клапейрона — Менделеева: $pV = \nu RT$.

Выразим отсюда объём и подставим численные значения из любой удобной точки графика, например (300 К, $2 \cdot 10^5$ Па):

$$V = \frac{32 \text{ моль} \cdot 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К}) \cdot 300 \text{ К}}{2 \cdot 10^5 \text{ Па}} = 0,4 \text{ м}^3.$$

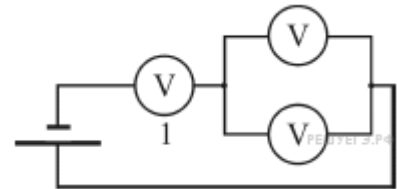
Ответ: 0,4.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 0,4



↑ **Задание 26 № 6834 тип 26**

Неидеальный вольтметр подсоединяют к батарейке с ЭДС 7 В и некоторым внутренним сопротивлением. В результате вольтметр показывает напряжение 6 В. Затем собирают электрическую цепь, состоящую из той же батарейки и трёх таких же одинаковых вольтметров (схема цепи показана на рисунке). Какое напряжение покажет вольтметр, обозначенный на схеме цифрой 1? Неидеальный вольтметр показывает произведение силы текущего через него тока на сопротивление вольтметра.



Решение.

Пусть R — сопротивление вольтметра, а r — внутреннее сопротивление батарейки. По закону Ома ток цепи равен $I_1 = \frac{\varepsilon}{r+R}$. Известно, что вольтметр показывает напряжение $U_1 = I_1 R = \frac{R\varepsilon}{r+R}$, откуда:

$$\frac{R}{r+R} = \frac{6}{7} \Leftrightarrow 7R = 6r + 6R \Leftrightarrow R = 6r.$$

Сопротивление полученной цепи: $R + \frac{R \cdot R}{R+R} = \frac{3}{2}R = 9r$.

Следовательно, напряжение, показываемое вольтметром 1 равно $U_2 = \frac{\varepsilon \cdot 6r}{r+9r} = \frac{3\varepsilon}{5} = 4,2$ В.

Ответ: 4,2.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 4,2

↑ **Задание 27 № 1628 тип 27**

В колебательном контуре из конденсатора и катушки индуктивностью 0,5 Гн происходят свободные электромагнитные колебания с циклической частотой $\omega = 1000 \text{ с}^{-1}$. Амплитуда колебаний силы тока в контуре 0,01 А. Чему равна амплитуда колебаний напряжения на катушке? Ответ приведите в В.

Решение.

Напряжение на катушке равно напряжению на конденсаторе. Амплитуда колебаний напряжения на конденсаторе связана с амплитудой колебания заряда на его обкладках соотношением $q_m = CU_m$. С другой стороны, амплитуда колебаний тока в контуре связана с амплитудой колебания заряда

соотношением $I_m = q_m \omega$. Принимая во внимание связь $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ и объединяя эти два равенства, для амплитуды колебания напряжения получаем

$$U_m = I_m L \omega = 0,01 \text{ А} \cdot 0,5 \text{ Гн} \cdot 1000 \text{ с}^{-1} = 5 \text{ В}.$$

Ответ: 5 В.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 5

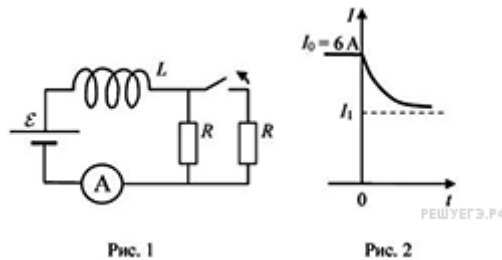
Проверка части с развернутым ответом

Пожалуйста, оцените решения заданий части с развернутым ответом самостоятельно, руководствуясь указанными критериями.

Задание 28 (С1) № 5523

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведён правильный ответ (в данном случае – значение силы тока – п. 4), и представлено полное верное объяснение (в данном случае – п. 1–3) с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: закон Ома для полной цепи, явление самоиндукции)	3
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются следующие недостатки. В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.) ИЛИ Объяснения представлены не в полном объёме, или в них содержится один логический недочёт	2
Представлено решение, соответствующее одному из следующих случаев. Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к ответу, содержат ошибки. ИЛИ Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3

Катушка, обладающая индуктивностью L , соединена с источником питания с ЭДС ε и двумя одинаковыми резисторами R . Электрическая схема соединения показана на рис. 1. В начальный момент ключ в цепи замкнут. В момент времени $t = 0$ ключ размыкают, что приводит к изменениям силы тока, регистрируемым амперметром, как показано на рис. 2.



Основываясь на известных физических законах, объясните почему при размыкании ключа сила тока в цепи плавно уменьшается, приближаясь к новому значению I_1 . Определите величину I_1 . Внутренним сопротивлением источника тока пренебречь.

Решение.

1. Сила тока определяется законом Ома для полной цепи: $IR_{\text{общ}} = \varepsilon + \varepsilon_{\text{инд}}$, где I — сила тока в цепи, $R_{\text{общ}}$ — сопротивление цепи, а $\varepsilon_{\text{инд}} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$ — ЭДС самоиндукции, возникающая только при изменении силы тока, и препятствующая его изменению согласно правилу Ленца.

2. До размыкания ключа $R_{\text{общ}} = 0,5R$; сила тока через амперметр определяется законом Ома для замкнутой цепи: $I_0 = \frac{2\varepsilon}{R}$.

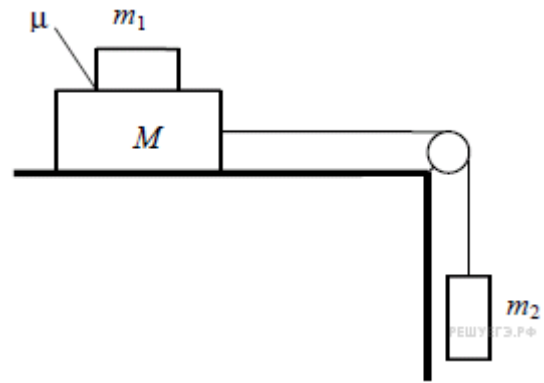
3. При размыкании ключа сопротивление цепи скачком увеличивается в 2 раза, но ЭДС самоиндукции препятствует изменению силы тока через катушку. Поэтому сила тока через катушку при замыкании ключа не претерпевает скачка.

4. Постепенно ЭДС самоиндукции уменьшается до нуля, а сила тока через катушку плавно уменьшается до стационарного значения: $I_1 = \frac{\varepsilon}{R} = 0,5I_0 = 3A$.

Задание 29 (С2) № 6781

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае — <i>второй закон Ньютона, условие, при котором грузы движутся как целое</i>); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>); III) проведены необходимые математические преобразования, приводящие к правильному ответу; IV) представлен правильный ответ.	3
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности и проведены необходимые преобразования, но имеются следующие недостатки. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. ИЛИ Лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.). ИЛИ В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца. ИЛИ Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.	2
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ В решении отсутствует одна из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В одной из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0
<i>Максимальный балл</i>	3

Система грузов M , m_1 и m_2 , показанная на рисунке, движется из состояния покоя. Поверхность стола — горизонтальная гладкая. Коэффициент трения между грузами M и m_1 равен $\mu = 0,3$. Грузы M и m_2 связаны легкой нерастяжимой нитью, которая скользит по блоку без трения. Пусть $M = 2,4$ кг, $m_1 = m_2 = m$. При каких значениях m грузы M и m_1 движутся как одно целое? Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на грузы.



Решение.

1. Пока грузы M и m_1 движутся как одно целое, будем считать их одним телом $M + m$ сложной формы. На рисунке показаны внешние силы, действующие на это тело и на груз m_2 .

2. Будем считать систему отсчета, связанную со столом, инерциальной. Запишем второй закон Ньютона для каждого из тел в проекциях на оси Ox и Oy введенной системы координат:

$$\begin{cases} Ox: (M + m)a_1 = T_1, \\ Oy: ma_2 = mg - T_2. \end{cases}$$

Учтём, что $T_1 = T_2 = T$ (нить лёгкая, скользит по блоку без трения), $a_1 = a_2 = a$ (нить нерастяжима), и сложим уравнения. Получим: $(M + 2m)a = mg$, откуда $a = g \frac{m}{M + 2m}$.

3. Рассмотрим груз m_1 отдельно. Запишем для него второй закон Ньютона в проекциях на оси Ox и Oy и учтём, что груз m_1 покоится относительно груза M :

$$\begin{cases} Ox: m_1 a = F_{\text{тр}}, \\ Oy: m_1 g - N_1 = 0, \\ F_{\text{тр}} \leq \mu N_1. \end{cases}$$

Получим: $ma \leq \mu N_1 = \mu mg$, откуда $a = g \frac{m}{M + 2m} \leq \mu g$. Решая неравенство $\frac{m}{M + 2m} \leq \mu$ относительно m , получим: $m \leq \frac{\mu M}{1 - 2\mu} = 1,8$ кг.

Ответ: $m \leq 1,8$ кг.

Задание 30 (С3) № 9251

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
	0
	1
	2
	3
Максимальный балл	3

В комнате площадью 30 м^2 , при температуре 25 °C относительная влажность воздуха 20% (давление насыщенных паров 3160 Па), включают увлажнитель воздуха, который увлажняет со скоростью $0,36 \text{ л/ч}$, спустя 3 ч относительная влажность воздуха равняется 60% . Найти высоту комнаты.

Решение.

Относительной влажностью называют отношение давления пара к давлению насыщенного пара при той же температуре:

$$\varphi = \frac{p}{p_{\text{нп}}} \cdot 100\%.$$

Тогда давление водяных паров в комнате в начале и в конце работы увлажнителя принимает значения:

$$p_1 = \varphi_1 \cdot p_{\text{нп}} \text{ и } p_2 = \varphi_2 \cdot p_{\text{нп}}$$

Функция увлажнителя — превратить воду, которая есть в его распоряжении в водяной пар. Тем самым в комнате увеличивается масса водяного пара воздуха и как следствие увеличивается влажность. Пусть P — производительность увлажнителя, тогда масса водяного пара в комнате до и после связана выражением:

$$m_2 = m_1 + P \cdot t \cdot \rho_{\text{воды}}.$$

Запишем уравнение Менделеева — Клапейрона для двух состояний водяного пара:

$$\begin{cases} p_1 Sh = \frac{m_1}{M} RT, \\ p_2 Sh = \frac{m_2}{M} RT. \end{cases}$$

Вычтем из нижнего уравнения верхнее:

$$p_2 Sh - p_1 Sh = \frac{RT}{M} (m_2 - m_1) = \frac{RT}{M} \cdot P \cdot t \cdot \rho_{\text{воды}}.$$

Выразим отсюда высоту комнаты:

$$h = \frac{RT \cdot P \cdot t \cdot \rho_{\text{воды}}}{MS(p_2 - p_1)} = \frac{RT \cdot P \cdot t \cdot \rho_{\text{воды}}}{MS p_{\text{нп}} (\varphi_2 - \varphi_1)} = \frac{8,31 \cdot 298 \cdot 0,36 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 1000}{18 \cdot 10^{-3} \cdot 30 \cdot 3160 \cdot 0,4} = 3,9 \text{ м.}$$

Ответ: 3,9 м.

Задание 31 (С4) № 3010

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае — закон Ома для замкнутой цепи); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений величин, используемых в условии задачи); III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	3
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. ИЛИ В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).	2

ИЛИ В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и(или) преобразования/ вычисления не доведены до конца. ИЛИ Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка	
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3

При коротком замыкании выводов гальванического элемента сила тока в цепи равна 2 А. При подключении к выводам гальванического элемента электрической лампы электрическим сопротивлением 3 Ом сила тока в цепи равна 0,5 А. По результатам этих экспериментов определите внутреннее сопротивление гальванического элемента.

Решение.

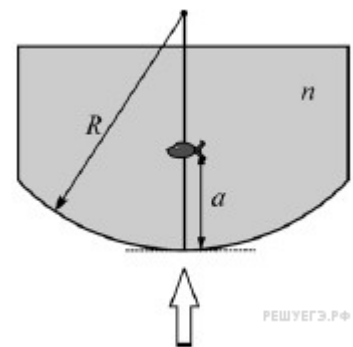
№ этапа	Содержание этапа решения	Чертёж, график, формула	Оценка этапа в баллах
1	По закону Ома для полной цепи при коротком замыкании выводов аккумулятора $R = 0$ Ом, сила тока в цепи равна: Отсюда ЭДС аккумулятора равна:	$I_1 = \frac{\varepsilon}{R+r};$ $I_0 = \frac{\varepsilon}{r} = 2 \text{ А.}$ $\varepsilon = 2r \text{ А.}$	1
2	При подключении к выводам аккумулятора электрической лампы электрическим сопротивлением 3 Ом сила тока в цепи равна:	$I = \frac{\varepsilon}{R+r} = \frac{2r}{R+r} = 0,5 \text{ А.}$	1
3	Отсюда получаем:	$2r = 0,5R + 0,5r,$ $3r = R \text{ Ом,}$ $r = 1 \text{ Ом.}$	1
	<i>Максимальный балл</i>		3

Задание 32 (С5) № 7404

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: закон преломления света и геометрические соотношения); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);	3

III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ.	
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.). И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины).	2
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0
<i>Максимальный балл</i>	3

Аквариум имеет прозрачные вертикальные стенки: три плоские (боковые и заднюю) и одну цилиндрическую (переднюю), с радиусом $R = 0,8$ м. В него налита вода с показателем преломления $n = 4/3$. Мальчик, глядя в аквариум сверху (см. рисунок), видит маленькую рыбку в аквариуме на расстоянии $a = 20$ см от его передней стенки. На каком расстоянии b от этой стенки будет видна рыбка, если мальчик будет смотреть на неё по горизонтали, перпендикулярно стенке?

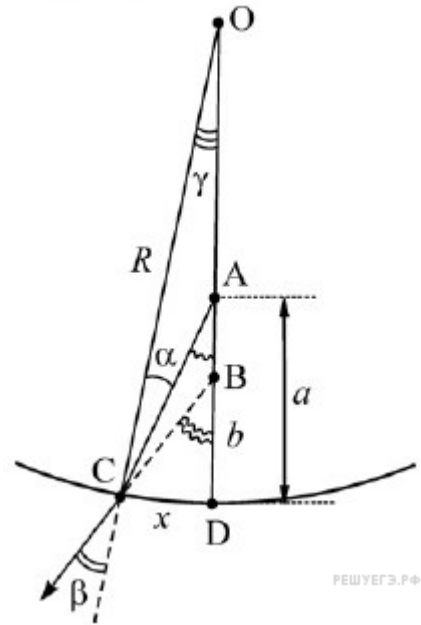


Решение.

Построим ход лучей от рыбки вблизи радиуса OD , направленного перпендикулярно цилиндрической поверхности к наблюдателю вне аквариума (см. рис.). Из закона преломления света следует, что луч AD , идущий от рыбки перпендикулярно поверхности, не преломляется, а луч AC , идущий от рыбки вблизи этого перпендикуляра, на расстоянии x от него, и составляющий с радиусом OC поверхности малый угол α , отклоняется после преломления от данного радиуса на малый угол β , причём $\beta/\alpha = n$. Точка B пересечения продолжения этого луча и первого луча AD , перпендикулярного поверхности аквариума, даёт положение изображения рыбки, которое мальчик видит через цилиндрическую стенку аквариума, глядя снаружи, причём расстояние $b = BD$.

Пусть радиус OC поверхности, проведённый в точку C на расстоянии x от первого перпендикуляра, составляет с ним малый угол γ (см. рис.). Тогда луч, идущий от рыбки в эту точку, составляет с этим перпендикуляром, как внешний угол треугольника OAC , малый угол $\alpha + \gamma$, а угол между продолжением преломленного луча и перпендикуляром, то есть внешний угол треугольника OBC , — малый угол $\beta + \gamma$.

В силу малости всех углов можно написать соотношение:
 $x = a(\alpha + \gamma) = b(\beta + \gamma)$, откуда
 $a = b \frac{\beta + \gamma}{\alpha + \gamma} = b \frac{1 + \gamma/\beta}{\alpha/\beta + \gamma/\beta} = nb \frac{1 + \gamma/\beta}{1 + n\gamma/\beta}$.
 Отношение γ/β находим по теореме синусов для треугольника OAC в пределе малых углов β и γ : $OB = R - b$, $AC \approx AD = a$, так что $\frac{\gamma}{\alpha} \approx \frac{a}{R - a}$. Таким образом, рыбка будет видна сверху на расстоянии от передней цилиндрической стенки аквариума, равном



$$b = a \frac{1 + \gamma/\alpha}{n + \gamma/\alpha} \approx a \frac{1 + \frac{a}{R-a}}{n + \frac{a}{R-a}} = \frac{aR}{n(R-a) + a} = \frac{a}{n - (n-1)\frac{a}{R}} = \frac{20}{4/3 - 1/3 \cdot (20/80)} = 16 \text{ см.}$$

Ответ: 16 см.