

Официальные решения заданий конкурса «Школа Физтеха 2023»
Вариант №3, рекомендован для учеников 9-11 классов и старше

Задания по физике

1. Миша мечтает стать профессиональным велогонщиком. Для этого он часто ездит на велосипеде по своему любимому маршруту Тернополь – Львов, длина которого равна 130 км. В субботу утром Миша выехал из Тернополя со скоростью 24 км/ч и ехал 3 ч, потом 1 ч полежал в тенишке, а затем оставшееся расстояние проехал за 2 ч. Найдите среднюю скорость движения Миши.



Решение

Средняя скорость – это отношение пройденного пути на время, затраченное на этот путь. Найдем время, затраченное велосипедистом:

$$t_1 + t_2 + t_3 = 3 + 1 + 2 = 6 \text{ (ч)}.$$

Тогда средняя скорость движения составит:

$$V_{\text{cp}} = \frac{S}{t_1 + t_2 + t_3} = \frac{130}{6} \approx 21,7 \left(\frac{\text{км}}{\text{ч}}\right).$$

Ответ: 21,7 км/ч.

2. Медики используют изотоп иттрия-90 для лечения некоторых заболеваний. Период полураспада изотопа составляет 64 ч. Во сколько раз уменьшится количество атомов иттрия-90 в некотором объеме спустя 8 суток?

Решение

Посчитаем, сколько в 8-и сутках часов:

$$T = 24 \cdot 8 = 192 \text{ (ч)}.$$

Согласно закону радиоактивного распада, число ядер атомов определяется из соотношения:

$$N = \frac{N_0}{2^{\frac{T}{t}}}.$$

Тогда:

$$\frac{N_0}{N} = 2^{\frac{T}{t}} = 2^{\frac{192}{64}} = 2^3 = 8.$$

Ответ: в 8 раз.

1. Колибри массой 5 г стоит на столе. Площадь каждой лапки птицы составляет 0,25 см². Какое давление колибри оказывает на стол?
- 2.

Решение

Давление, которое оказывает птица на стол, определяется силой давления и площадью, на которую она действует. Сила давления – это вес птицы. Он распределяется на две лапки колибри.

$$P = \frac{F}{S} = \frac{mg}{2S_1} = \frac{0,005 \cdot 10}{2 \cdot 2,5 \cdot 10^{-5}} = 1000 \text{ (Па)}.$$

Ответ: 1кПа.

4. Торин Дубоцит приказал подгорным ювелирам изготовить золотое копье массой 15 кг. Для этого гномам нужно расплавить 15 кг золота, находящегося при температуре 14°C. У ювелиров есть 3 магических шара, каждый из которых даёт 1 МДж тепловой энергии. Хватит ли их для расплавки золота? Удельная теплоёмкость золота – $130 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$, удельная теплота плавления золота – $67 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$, температура плавления золота – 1064°C.

Решение

Чтобы расплавить золото, его сначала следует нагреть до температуры плавления, а затем расплавить. Общее количество теплоты Q , необходимое для этого процесса, равно сумме количества теплоты Q_1 , затраченного на нагревание до температуры плавления, и количества теплоты Q_2 , затраченного на плавление:

$$Q = Q_1 + Q_2.$$

$$Q_1 = cm\Delta t,$$

где c – удельная теплоёмкость золота, m – его масса, Δt – температура плавления золота минус его начальная температура.

$$Q_2 = \lambda m,$$

где λ – удельная теплота плавления золота.

Тогда

$$Q = cm\Delta t + \lambda m.$$

Проверим единицы измерения и найдём Q :

$$[Q] = \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot \text{кг} \cdot ^\circ\text{C} + \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot \text{кг} = \text{Дж}$$

$$Q = 130 \cdot 15 \cdot 1050 + 67000 \cdot 15 = 3,0525 \text{ (МДж)}.$$

У ювелиров есть 3 магических шара по 1 МДж тепловой энергии каждый. Значит, шаров не хватит для выполнения заказа.

Ответ: не хватит.

5. На арктической станции “Академик Вернадский” учёный рассматривает образец с помощью лупы с оптической силой +5 дптр, расположив его на расстоянии 10 см от лупы. Определите:

а) фокусное расстояние линзы;

б) на каком расстоянии от лупы находится изображение образца;

в) действительным или мнимым является это изображение;

г) какое увеличение даёт лупа.

Решение

а) Фокусное расстояние найдём, пользуясь определением оптической силы линзы:

$$D = \frac{1}{F}; F = \frac{1}{D}.$$

$$F = \frac{1}{5} = 0,2 \text{ (м)}.$$

б) Так как лупу можно считать тонкой линзой, воспользуемся формулой тонкой линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}; \frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d};$$

$$f = \frac{Fd}{d - F};$$

$$f = \frac{0,2 \cdot 0,1}{0,1 - 0,2} = -0,2 \text{ (м)}.$$

Знак минус перед значением f указывает, что изображение мнимое.

в) Изображение мнимое.

г) Зная f , найдём увеличение:

$$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{|f|}{|d|};$$

$$\Gamma = \frac{0,2}{0,1} = 2.$$

Ответ: а) $F = 20$ см; б) $f = -20$ см; в) изображение мнимое; г) $\Gamma = 2$.

6. На обувном заводе находится 5 кг хлора Cl_2 . При изобарном расширении его температура увеличилась на 15°C .

а) Какую работу выполнил газ?

б) Увеличится или уменьшится его внутренняя энергия? На сколько?

Молярная масса атома хлора равна $35,5 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$, универсальная газовая постоянная – $8,31$

$\frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot ^\circ\text{C}}$, удельная теплоёмкость хлора при постоянном давлении – $500 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$.

Решение

а) Изобарный процесс – это процесс, который происходит при постоянном давлении.

Работа газа при изобарном процессе равна

$$A = P\Delta V = PV_2 - PV_1.$$

Согласно уравнению Менделеева-Клапейрона,

$$PV = \frac{m}{M}RT.$$

Поэтому,

$$A = \frac{m}{M}RT_2 - \frac{m}{M}RT_1 = \frac{m}{M}R(T_2 - T_1) = \frac{m}{M}R\Delta T.$$

Каждая молекула Cl_2 состоит из двух атомов хлора. Поэтому молярная масса газа Cl_2 равна $2 \cdot 35,5 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 71 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$.

$$A = \frac{5 \text{ кг}}{71 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 15^\circ\text{C} \approx 8,8 \text{ кДж}.$$

б) Из первого начала термодинамики выразим изменение внутренней энергии:

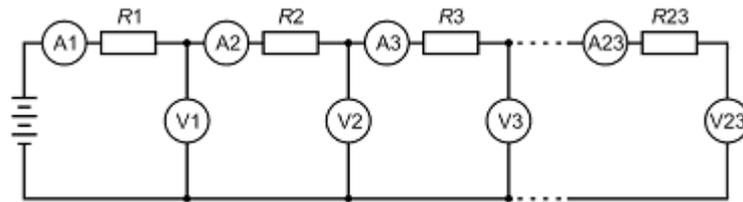
$$Q = \Delta U + A;$$

$$\Delta U = Q - A = cm\Delta T - A;$$

$$\Delta U \approx 500 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \cdot 5 \text{ кг} \cdot 15 \text{ К} - 8\,800 \text{ Дж} = 28\,700 \text{ Дж}.$$

Ответ: а) $A \approx 8,8$ кДж, б) $\Delta U \approx 28,7$ кДж.

7. Цепь, схема которой приведена на рисунке, составлена из 23 разных амперметров, 23 разных резисторов и 23 одинаковых вольтметров. Известно, что все амперметры и вольтметры дают правильные показания, но неизвестно, являются ли эти приборы идеальными. Первый амперметр показывает 8 мА, второй – 7,5 мА, третий – 7,2 мА. Второй вольтметр показывает 12 В. Определите сумму показаний всех 23 вольтметров.



Решение

Вольтметры не могут быть идеальными, то есть иметь бесконечное сопротивление. В таком случае цепь была бы разомкнута, а показания амперметров равнялись бы нулю. Рассмотрим узел цепи, в котором “сходятся” резистор R_2 , амперметр A_3 и вольтметр V_2 . Согласно закону сохранения заряда,

$$I_{R_2} = I_{A_3} + I_{V_2}.$$

Тогда

$$I_{V_2} = 7,5 \text{ мА} - 7,2 \text{ мА} = 0,3 \text{ мА}.$$

Найдём сопротивление вольтметра из закона Ома:

$$R_{V_2} = \frac{U_{V_2}}{I_{V_2}} = \frac{12 \text{ В}}{3 \cdot 10^{-4} \text{ А}} = 40\,000 \text{ Ом}.$$

Все вольтметры одинаковые, по условию задачи. Значит,

$$R_{V_1} = R_{V_2} = \dots = R_{V_{23}}.$$

Так как сопротивления вольтметров равны, обозначим сопротивление каждого как R_V .

Сумма показаний всех 23 вольтметров равна

$$U_{\text{общ}} = U_1 + U_2 + \dots + U_{23}.$$

Распишем каждое из напряжений через закон Ома и вынесем сопротивление вольтметра за скобки:

$$U_{\text{общ}} = R_V (I_{V_1} + I_{V_2} + \dots + I_{V_{23}}).$$

Сумма токов через вольтметры равна силе тока, которая проходит через первый амперметр. Поэтому

$$U_{\text{общ}} = R_v \cdot I_1 = 8 \cdot 10^{-3} \text{ А} \cdot 40\,000 \text{ Ом} = 320 \text{ В}.$$

Как видно, ответ никак не зависит от неизвестных параметров цепи.

Ответ: 320 В.