

Всероссийская олимпиада школьников по физике
муниципальный этап 2023 – 2024 учебный год

10 класс

Возможное (авторское) решение.

1. В лабораторном сосуде находится смесь воды со льдом массой $m = 10$ кг. Сосуд занесли в тёплое помещение и сразу начали измерять температуру смеси. Результаты измерений заносили в таблицу.

время τ , мин	темп. t , °C										
1	0	11	0	21	0	31	0	41	0	51	0, 2
2	0	12	0	22	0	32	0	42	0	52	0, 4
3	0	13	0	23	0	33	0	43	0	53	0, 6
4	0	14	0	24	0	34	0	44	0	54	0, 8
5	0	15	0	25	0	35	0	45	0	55	1, 0
6	0	16	0	26	0	36	0	46	0	56	1, 2
7	0	17	0	27	0	37	0	47	0	57	1, 4
8	0	18	0	28	0	38	0	48	0	58	1, 6
9	0	19	0	29	0	39	0	49	0	59	1, 8
10	0	20	0	30	0	40	0	50	0	60	2, 0

Рассчитайте, по результатам измерений, массу льда $m_{\text{л}}$ в сосуде, когда его только внесли в помещение. Теплоёмкостью сосуда пренебречь. Условия проведения измерений в процессе всего эксперимента не изменялись. Удельная теплоёмкость воды $4,2$ кДж/кг °C. Удельная теплота плавления льда 340 кДж/кг.

Выполните описание хода решения задачи.

Решение.

По результатам измерений видно, что первые 50 минут температура смеси не изменялась и оставалась равной 0°C . В это время вся теплота, получаемая смесью от помещения, шла на таяние льда. Через 50 минут весь лёд растаял и температура воды стала повышаться.

За последние 10 минут (от 50 до 60 минуты) температура повысилась на $\Delta t = 2^{\circ}\text{C}$. Количество теплоты, поступившее к воде из помещения за это время равно $Q_2 = c_{\text{в}} m \Delta t = 84$ кДж. Так как условия теплообмена не изменялись, то за первые 50 минут к смеси из помещения поступило количество теплоты $Q_1 = 5 Q_2 = 420$ кДж. Эта теплота и пошла на таяние льда. $Q_1 = \lambda m_{\text{л}}$; $m_{\text{л}} = Q_1 / \lambda \approx 1,24$ кг.

Ответ: $m_{\text{л}} \approx 1,24$ кг.

Примерные критерии оценивания.

Выполнен правильный анализ процесса на основании результатов эксперимента – **2 балла.**

Рассчитано количество теплоты Q_2 – **2 балла.**

Рассчитано количество теплоты Q_1 и масса льда – **3 балла.**

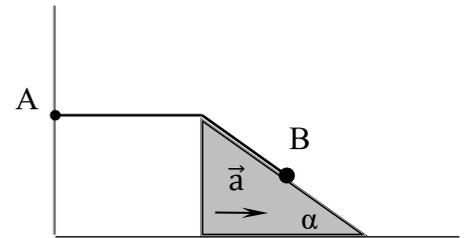
Выполнено описание хода решения задачи – **3 балла.**

Всероссийская олимпиада школьников по физике
муниципальный этап 2023 – 2024 учебный год

10 класс

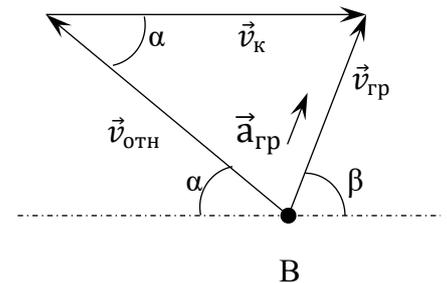
Возможное (авторское) решение

2. На неподвижном клине, образующем угол α с горизонтом, лежит нерастяжимая невесомая нить. Один конец нити прикреплен к стене в точке А. В точке В к нити прикреплен небольшой грузик. В некоторый момент времени клин начинает двигаться по горизонтальной поверхности вправо с постоянным ускорением a . Определите ускорение $a_{\text{гр}}$ грузика, пока он находится на клине. Как направлен вектор ускорения? Начертите поясняющий чертёж.



Решение.

Грузик движется без начальной скорости. Через время t от начала движения клин пройдёт расстояние $s = at^2/2$ и приобретёт скорость $v_{\text{к}} = at$. За это время грузик переместится вдоль клина на такое же расстояние s , а его скорость относительно клина будет равна $v_{\text{отн}} = at$ и направлена вдоль клина вверх. Скорость грузика $v_{\text{гр}}$ относительно земли равна **векторной сумме скоростей** $v_{\text{гр}} = v_{\text{отн}} + v_{\text{к}}$



Таким образом модуль скорости рассчитаем по теореме косинусов $v_{\text{гр}} = 2v_{\text{к}} \sin(\alpha/2) = (2a \sin(\alpha/2)) t$. При расчётах учитываем, что $1 - \cos \alpha = 2 \sin^2(\alpha/2)$.

Ускорение, с которым движется грузик $a_{\text{гр}} = v_{\text{гр}}/t = (2a \sin(\alpha/2))$.

Грузик движется по прямой составляющей с горизонтом угол $\beta = (\pi - \alpha)/2 = \text{const.}$ (это видно из рисунка т. к. треугольник скоростей в любой момент времени будет равнобедренным).

Ответ: $a_{\text{гр}} = (2a \sin(\alpha/2))$, $\beta = (\pi - \alpha)/2 = \text{const.}$

Примерные критерии оценивания

Выполнен верный рисунок с указанием углов, векторов скорости и ускорения – **2 балла**.

Определена скорость грузика относительно клина – **2 балла**.

Определена скорость грузика относительно поверхности (земли) – **3 балла**.

Определено направление вектора ускорения грузика – **3 балла**

Всероссийская олимпиада школьников по физике
муниципальный этап 2023 – 2024 учебный год

10 класс

Возможное (авторское) решение

3. Двигатель мощностью $N = 4$ кВт приводит в действие гидравлический пресс. С помощью прессы равномерно поднимают груз массой 50 тонн. Малый поршень прессы за время 1,5 минуты совершил $n = 200$ ходов. Ход малого поршня $h = 20$ см. Отношение площадей поршней гидравлического прессы составляет $1 \div 100$. Определите, чему равен КПД двигателя, приводящего в действие гидравлический пресс? Ускорение свободного падения считать равным **9,8 м/с²**.

Решение.

Обозначим через S_1 – площадь малого поршня, а S_2 – площадь большого поршня. Тогда: $\frac{S_2}{S_1} =$

100. КПД двигателя определяется как отношение полезной работы, совершённой двигателем за время t , ко всей затраченной работе: $\eta = \frac{A_{\text{пол}}}{A_{\text{затр}}}$. Полезную работу определяем, как произведение модуля силы

F_2 на модуль его перемещения h_2 учитывая при этом, что сила и перемещение сонаправлены, а $\cos 0^\circ = 1$, $A_{\text{пол}} = F_2 \times h_2$. Груз поднимают равномерно вверх, следовательно: $F_2 = mg$ и $A_{\text{пол}} = mgh_2$.

Малый поршень развивая силу F_1 , проходит расстояние nh_1 за то же время, за которое большой поршень проходит расстояние h_2 (на основании «золотого» правила механики). То есть: $\frac{F_2}{F_1} = \frac{nh_1}{h_2}$, откуда $h_2 =$

$nh_1 \frac{F_1}{F_2}$. Гидравлический пресс даёт выигрыш в силе во столько раз, во сколько площадь большого поршня больше площади меньшего: $\frac{F_1}{F_2} = \frac{S_1}{S_2}$. После подстановки получаем: $h_2 = nh_1 \frac{S_1}{S_2}$ и тогда:

$$A_{\text{пол}} = mgnh_1 \frac{S_1}{S_2}.$$

Затраченная работа – это работа, совершённая двигателем, мощность которого N , за время t , поэтому $A_{\text{затр}} = N \times t$. Таким образом $\eta = \frac{mgnh_1 S_1}{NtS_2} = 0,54$, или 54 %.

Ответ: $\eta = 0,54$, или 54 % ;

Примерные критерии оценивания

Записана основная формула для вычисления КПД двигателя – **2 балла**.

Получена первоначальная формула для вычисления полезной работы – **2 балла**.

Произведены преобразования и подстановки в формуле полезной работы – **2 балла**.

Записана формула для вычисления затраченной работы – **2 балла**

Получена итоговая формула и произведены математические вычисления. Получен верный ответ задачи – **2 балла**.

Всероссийская олимпиада школьников по физике
муниципальный этап 2023 – 2024 учебный год

10 класс

Возможное (авторское) решение

4. Для изменения пределов измерения вольтметра к нему последовательно подключают сопротивление, которое называют добавочным. Подключение добавочного сопротивления изменяет цену деления шкалы прибора. Часть напряжения падает на добавочном сопротивлении. При подключении некоторого добавочного сопротивления R_1 предел измерения напряжения увеличился в n раз. При подключении сопротивления R_2 предел измерения напряжения увеличился в m раз. Определите, во сколько раз изменится предел измерения прибора если включить последовательно с вольтметром эти два сопротивления, соединённые параллельно?

Решение.

При последовательном соединении вольтметра и добавочного сопротивления будут выполняться соотношения: $I_{\max}(R_1 + r) = nU_{\max}$; $I_{\max}(R_2 + r) = mU_{\max}$; где I_{\max} – максимальное значение силы тока, который может протекать через вольтметр, U_{\max} – максимальное значение напряжения, на которое рассчитан вольтметр без добавочного сопротивления, r – собственное сопротивление вольтметра. При параллельном соединении добавочных сопротивлений их общее сопротивление определяется по формуле: $R_{1,2} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$. Учитывая, что $I_{\max} R = U_{\max}$, можно составить систему уравнений:

$$\begin{cases} R_1 + r = nr \\ R_2 + r = mr \\ r + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = kr \end{cases}, \text{ где } k \text{ – число раз в которое изменится предел измерения вольтметра.}$$

Решив систему относительно k получим: $k = \frac{mn-1}{m+n-2}$

Ответ: $k = \frac{mn-1}{m+n-2}$;

Примерные критерии оценивания

Записаны соотношения величин при последовательном соединении вольтметра и добавочных сопротивлений – **2 балла**.

Определено общее сопротивление сопротивлений и учтено, что падение напряжения равно произведению силы тока на сопротивление – **2 балла**.

Правильно составлена система уравнений – **4 балла**.

Правильно решена система уравнений и получен верный ответ – **2 балла**.

Всероссийская олимпиада школьников по физике
муниципальный этап 2023 – 2024 учебный год

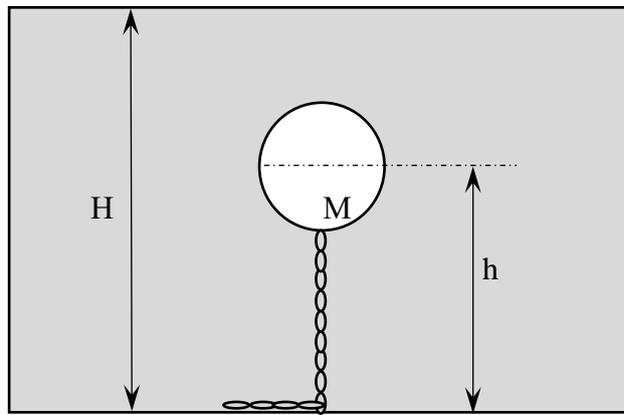
10 класс

Возможное (авторское) решение

5. К шару массой $M = 10$ кг и диаметром $D = 0,3$ м (объём такого шара $V = 0,0141$ м³) прикреплен одним концом железная цепь, другой конец цепи свободен. Длина цепи равна $l = 3$ м, масса $m = 9$ кг. Шар с цепью находится в бассейне, заполненном чистой водой, глубина которого $H = 3$ м. Определите глубину, на которой будет плавать шар? Плотность железа больше плотности воды в 7,85 раза. Выполните пояснения хода решения задачи.

Решение.

В положении равновесия шар находится на некоторой высоте h над дном бассейна, а цепь частично лежит на дне, частично висит вертикально в воде между дном и шаром.



Данные задачи таковы, что можно утверждать, что шар целиком находится под водой (так как в другом случае почти вся цепь оказалась бы висящей, а это невозможно ввиду большой плотности железа). Высота h получится из условия равенства суммарной силы тяжести шара и висящего участка цепи и действующей на них выталкивающей силы.

$$(M + m \frac{h - D/2}{l})g = \rho_{\text{в}}(V + \frac{m}{\rho_{\text{ж}}} \frac{h - D/2}{l})g, \text{ следовательно } h = \frac{D}{2} + \frac{\rho_{\text{в}}V - M}{m(1 - \rho_{\text{в}}/\rho_{\text{ж}})}l = 1,6 \text{ м.}$$

Глубина на которой плавает шар, равна $H - h = 1,4$ м.

Ответ: $H - h = 1,4$ м.

Примерные критерии оценивания

Определено и обосновано положение шара в бассейне и размещение цепи – **3 балла.**

Определено условие равновесия системы и правильно записано соотношение – **3 балла.**

Получена правильная формула для нахождения h – **2 балла.**

Получен верный ответ – **2 балла.**