

Отборочный (заочный) онлайн-этап Олимпиады школьников «Шаг в будущее»
по общеобразовательному предмету Физика

9 класс

1. На гладкий стол положили две одинаковые гладкие бусины, имеющие заряд по $0,5 \text{ мкКл}$ каждая. Сквозь эти бусины протягивают нерастяжимую и невесомую непроводящую нить и завязывают узелки на концах. Определите силу натяжения этой нити, если известно, что расстояние между узлами, в которые упираются бусины, равно 10 см . Коэффициент пропорциональности в законе Кулона равен $9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$. Силой трения и размерами бусин пренебречь. Ответ дайте в мН, округлив до целых.

Решение:

Запишем закон Кулона:

$$F = k \frac{qQ}{r^2} = k \frac{q^2}{r^2} = 0,225 \text{ Н.}$$

Ответ: 225 мН.

2. Тело свободно падает с высоты 10 м . Во сколько раз его средняя скорость на последнем метре пути больше средней скорости за последнюю секунду пути? Ответ округлить до сотых. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Решение:

Конечная скорость тела

$$v_k = \sqrt{2gh} = 10\sqrt{2} \text{ м/с.}$$

Скорость тела после прохождения 9 м

$$v_9 = \sqrt{2g(h - h_0)} = 6\sqrt{5} \text{ м/с.}$$

Тогда средняя скорость на последнем метре пути

$$v_m = \frac{v_k + v_9}{2} = \sqrt{\frac{g}{2}} (\sqrt{h - h_0} + \sqrt{h}) = (5\sqrt{2} + 3\sqrt{5}) \text{ м/с.}$$

Полное время движения

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{2} \text{ с.}$$

Скорость в конце предпоследней секунды пути

$$v_{t-1} = \sqrt{2gh} - gt_0 = 10(\sqrt{2} - 1).$$

Тогда средняя скорость за последнюю секунду пути

$$v_t = \frac{v_k + v_{t-1}}{2} = \sqrt{2gh} - \frac{gt_0}{2} = 5(2\sqrt{2} - 1) \text{ м/с.}$$

Тогда искомое отношение

$$n = \frac{v_m}{v_t} \cong 1,51.$$

Ответ: 1,51.

3. С крыши строящегося небоскреба сорвался кирпич массой 5 кг . При падении на землю он упал на стакан с 250 мл воды, из-за чего она начала кипеть. С какой высоты должен был упасть кирпич массой 5 кг , если известно, что на нагревание воды пойдет 60% выделившейся энергии, а изначально температура воды была 95°C ? Трением пренебречь. Ответ дайте в метрах, округлив до целых.

Решение:

Запишем закон сохранения энергии с учетом КПД:

$$\eta mgh = cm_B \Delta t$$
$$h = \frac{cm_B \Delta t}{\eta mg} = 175 \text{ м.}$$

Ответ: 175 м.

Отборочный (заочный) онлайн-этап Олимпиады школьников «Шаг в будущее»
по общеобразовательному предмету Физика

4. В перерыве между дежурствами дядя Степа решил приготовить себе чай с молоком. Для этого он налил в чашку уже остывшее до комнатной температуры молоко объемом 140 мл. После чего добавил к нему 500 мл чая из кипящего чайника. Определите теплоемкость чашки, если ее установившаяся температура вместе с готовым напитком стала 80 градусов, а в кабинете поддерживается температура в 21 градус. Теплоемкость чая считать равной теплоемкости молока и принять за $4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$. Потерями тепла пренебречь. Ответ дайте в $\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$ и округлите до целых.

Решение:

Запишем уравнение теплового баланса, где t - температура кабинета, τ - конечная температура чая, а T - температура кипятка:

$$Q_{\text{п}} = Q_{\text{о}}$$
$$C(\tau - t) + c_{\text{в}}m_{\text{з}}(\tau - t) = c_{\text{в}}m_{\text{к}}(T - \tau)$$

Решим уравнение и выразим теплоемкость чашки:

$$C = \frac{c_{\text{в}}(m_{\text{к}}(T - \tau) - m_{\text{з}}(\tau - t))}{(\tau - t)} = 124 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

Ответ: 124 Дж/кг.

5. В классе проводилась лабораторная работа по оптике. В одном из экспериментов точечным источником света освещался непрозрачный круг радиусом 0,3 метра. Плоскость круга располагалась параллельно плоскости экрана, на который круг отбрасывал тень от лампы. Определите диаметр тени от круга, если центр круга и лампочка лежат на перпендикуляре к плоскости тени, проведенном из ее центра. Расстояние от круга до тени - 10 см, а до лампочки 15 см. Ответ дайте в метрах, округлив до целых.

Решение:

Так как свет распространяется прямолинейно, то решим задачу через подобие треугольников

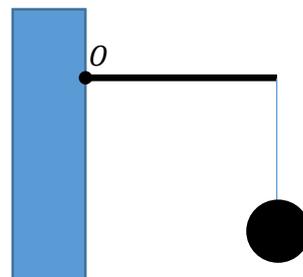
Одним основанием будет являться радиус тени, а другим радиус круга.

Запишем подобие:

$$\frac{0,15}{0,3} = \frac{0,25}{r}$$
$$r = 0,5 \Rightarrow d = 1 \text{ м.}$$

Ответ: 1 м.

6. Жесткий тонкий горизонтальный металлический прут длины $L = 18$ см массы $M = 1$ кг прочно приварен к вертикальной стене. К свободному конку прута на легкой нитке подвешен груз массой $m = 500$ г. Определить плечо x силы реакции стенки относительно точки O приварки прута. Ответ выразить в сантиметрах.



Решение:

Правило моментов относительно точки O :

$$Nx - Mg \frac{L}{2} - mgL = 0.$$

Отборочный (заочный) онлайн-этап Олимпиады школьников «Шаг в будущее»
по общеобразовательному предмету Физика

В свою очередь

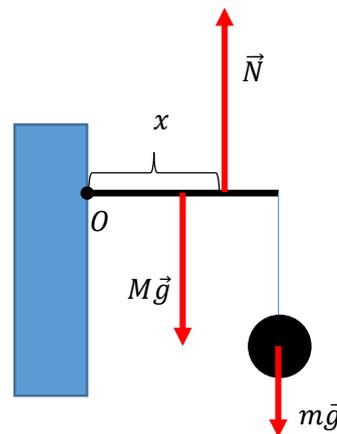
$$N = (M + m)g.$$

Отсюда

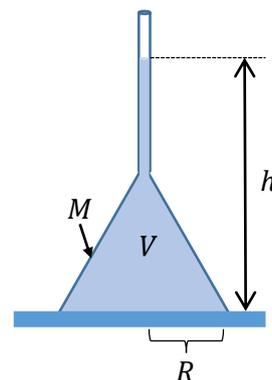
$$x = \frac{L(M + 2m)}{2(M + m)} = 12 \text{ см.}$$

Комментарий. Как видим, сила \vec{N} не проходит через точку O , как того хотелось бы ожидать. Ей каким-то «непостижимым» образом удастся мигрировать вдоль прута, но это — отдельная история.

Ответ: $x = \frac{L(M+2m)}{2(M+m)} = 12 \text{ см.}$



7. Коническая воронка массы $M = 1 \text{ кг}$, опрокинута вверх дном, заканчивается длинной узкой легкой трубкой. Радиус конуса воронки $R = 10 \text{ см}$, объем — $V = 4 \text{ л}$. Оказавшийся внизу край воронки тщательно приклеили к столу. Максимальное усилие на разрыв, которое способен выдержать клей, $F = 110 \text{ Н}$. До какой высоты h над столом надо налить воду в воронку, чтобы она начала просачиваться на стол? Ответ выразить в сантиметрах и округлить до целых. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.



Решение

На воду вместе с воронкой действуют три силы: сила тяжести, сила реакции стола, вызванная давлением воды, и склеивающая сила. Предельное условие равновесия воды вместе с колоколом:

$$\rho g h \pi R^2 = (M + \rho V)g + F.$$

Отсюда

$$h = \frac{(M + \rho V)g + F}{\rho g \pi R^2} \cong 51 \text{ см.}$$

Ответ: $h = \frac{(M + \rho V)g + F}{\rho g \pi R^2} \cong 51 \text{ см.}$

8. Из одного метра прутка площадью поперечного сечения $0,5 \text{ см}^2$ получается 20 см пружины. При увеличении температуры пружины на 5 градусов коэффициент упругой деформации уменьшается на 5%. Изначально пружина была растянута на 9,5 см. Не изменяя прикладываемой силы, пружину нагрели на 5 градусов. Определите, какой стала ее длина, если для нагревания всей пружины потребовалось затратить 1755 Дж энергии. Удельная теплоемкость материала пружины $450 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$, плотность материала - 7800 кг/м^3 . Потерями тепла пренебречь. Ответ дайте в см. Тепловое расширение материала отсутствует.

Решение:

Определим из закона сохранения энергии первоначальную длину пружины.

$$\begin{aligned} Q &= cm\Delta t \\ Q &= cLS\Delta t \\ L &= \frac{Q}{cS\Delta t} \end{aligned} \quad (1)$$

Запишем закон Гука до нагревания:

$$k(\Delta l_1) = F \quad (2)$$

Запишем закон Гука после нагревания, с учетом изменения коэффициента упругости:

Отборочный (заочный) онлайн-этап Олимпиады школьников «Шаг в будущее»
по общеобразовательному предмету Физика

$$0,95k(l_2 - L) = F \quad (3)$$

Решив систему уравнений 2 и 3 выразим l_2 :

$$l_2 = \frac{\Delta l_1}{0,95} + L$$

Подставим L из (1) и получим итоговую формулу:

$$l_2 = \frac{\Delta l_1}{0,95} + \frac{Q}{cS\Delta t} = 0,5 \text{ м.}$$

Ответ: 50 см.

9. Профессор МГТУ им. Баумана делает ремонт у себя дома. На кухне он положил электрический теплый пол площадью 6 м^2 с питанием от сети напряжением 220 В . Во время работы этого теплого пола по нему идет ток в 3 А . Определите, сколько стоит непрерывная работа одного квадратного метра теплого пола в ноябре, если стоимость электроэнергии в доме профессора $5,43$ рубля за кВт·ч. Ответ дайте в рублях, округлив до целых.

Решение:

Определим потребляемую мощность одного квадратного метра теплого пола:

$$P = \frac{UI}{n} = 110 \text{ Вт.}$$

Учтем, что в ноябре 30 дней и посчитаем все количество потребляемой теплым полом энергии, выразив ее во внесистемных единицах кВт·ч.

$$E = Ptn = 110 \cdot 24 \cdot 30 = 79,2 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

Определим стоимость работы:

$$A = E \cdot a = 79,2 \cdot 5,43 \approx 430 \text{ рублей.}$$

Ответ: 430 рублей.

Отборочный (заочный) онлайн-этап Олимпиады школьников «Шаг в будущее»
по общеобразовательному предмету Физика

Критерии оценивания заданий отборочного этапа

Максимальная сумма баллов за 9 заданий варианта составляет 100 баллов.

Распределение баллов по заданиям следующее:

| Номер задания | 8 класс | 9 класс | 10 класс | 11 класс |
|---------------|---------|---------|----------|----------|
| 1 | 7 | 7 | 7 | 8 |
| 2 | 7 | 7 | 7 | 8 |
| 3 | 7 | 7 | 7 | 8 |
| 4 | 11 | 11 | 11 | 10 |
| 5 | 11 | 11 | 11 | 10 |
| 6 | 11 | 11 | 11 | 10 |
| 7 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| 8 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| 9 | 16 | 16 | 16 | 16 |

За каждую задачу выставляется либо максимальный балл в случае правильного ответа, либо 0, если ответ отсутствует или неверный.