

**Школьный этап Всероссийской олимпиады школьников
по физике
2017-2018 учебный год
11 класс**

Задача № 1.

Сидящая на ветке ели белка выбросила ненужный ей гриб горизонтально в тот момент, когда под ней пробежал ёж. Когда ёж находился на расстоянии $L = 40$ см от дерева, гриб упал точно на него. С какой скоростью бежал ёж, если скорость гриба в момент падения на ёжа была направлена под углом $\alpha = 45^\circ$ к горизонту? Размерами ёжа, белки и гриба можно пренебречь. Ускорение свободного падения принять равным $g = 10 \text{ м/с}^2$, сопротивление воздуха не учитывать.

Решение

Так как по горизонтали и ёж, и гриб переместились на одно и то же расстояние за одинаковое время, и гриб был брошен горизонтально, то скорость ёжа была равна начальной скорости гриба. $v_{\text{ёжа}} = v_x$.

1 балл

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{|V_y|}{V_x} = \frac{gt}{V_x}$$

Следовательно

3 балла

Без учета сопротивления воздуха перемещение гриба по горизонтали равно

$$L = V_x t = V_x \cdot \frac{V_x \operatorname{tg} \alpha}{g} = \frac{V_x^2 \operatorname{tg} \alpha}{g}$$

3 балла

Отсюда

$$V_x = v_{\text{ёжа}} = \sqrt{\frac{gL}{\operatorname{tg} \alpha}} = \sqrt{\frac{10 \cdot 0,4}{1}} = 2 \text{ м/с.}$$

3 балла

Максимальное количество баллов за задачу 10 баллов.

Задача № 2.

На гладкой горизонтальной плоскости лежит деревянный брусок массой $M = 990$ г, прикрепленный к вертикальной стенке пружиной жесткостью $k = 100$ Н/м. В центр бруска попадает пуля массой $m = 10$ г, летящая горизонтально и параллельно оси пружины, и застревает в нем. Определите скорость пули v , если максимальное сжатие пружины после удара составило $\Delta l = 20$ см.

Решение

Поскольку соударение пули с бруском является кратковременным, смещение бруска за время соударения пренебрежимо мало и сила упругости в момент соударения не возникает. Следовательно, суммарный импульс пули и бруска во время соударения сохраняется

$$mv = (m + M)u,$$

где u – скорость бруска с застрявшей в нем пулей сразу после соударения.

3 балла

При последующем движении бруска и пули сохраняется механическая энергия, причем при достижении максимального сжатия пружины брусок с пулей останавливается. Следовательно,

$$\frac{(m + M)u^2}{2} = \frac{k\Delta l^2}{2}.$$

4 балла

Из записанных выражений получаем, что

$$v = \frac{\Delta l}{m} \sqrt{(M + m)k}.$$

2 балла

Таким образом, $v = 200$ м/с.

1 балл

Максимальное количество баллов за задачу 10 баллов.

Задача № 3.

Одноатомный газ гелий, расширяясь при постоянном давлении, совершил некоторую полезную работу. Найдите КПД для данного процесса.

Решение

$$A = p\Delta V = \nu R\Delta T; \Delta U = \frac{3}{2}\nu R\Delta T$$

$$Q = A + \Delta U = \nu R\Delta T + \frac{3}{2}\nu R\Delta T = \frac{5}{2}\nu R\Delta T$$

$$\eta = \frac{A}{Q} = \frac{A}{5/2A} = 0,4$$

Записано выражение для нахождения работы газа

1 балл

Записано выражение для нахождения внутренней энергии газа

1 балл

Записан первый закон термодинамики

1 балл

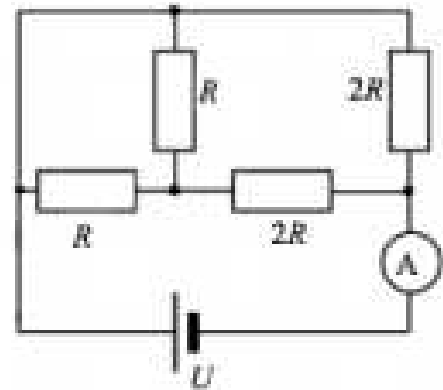
Вычислен КПД

2 балла

Максимальное количество баллов за задачу 5 баллов.

Задача № 4.

Идеальный амперметр в цепи, схема которой изображена на рисунке, показывает силу тока $I = 9$ мА. Определите сопротивление резистора R , если напряжение идеального источника $U = 6$ В.



Решение

Два резистора по R соединены параллельно

$$\frac{1}{R_1} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} = \frac{2}{R}; R_1 = \frac{R}{2}.$$

2 балла

Общее сопротивление двух резисторов R и резистора $2R$:

$$R_2 = \frac{R}{2} + 2R = \frac{5R}{2}.$$

2 балла

Общее сопротивление цепи:

$$\frac{1}{R_{\text{общ}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{2}{R} + \frac{1}{2R} = \frac{9}{10R};$$

$$R_{\text{общ}} = \frac{10R}{9}$$

2 балла

Из закона Ома для участка цепи

$$R_{\text{общ}} = \frac{U}{I}; \frac{10R}{9} = \frac{U}{I}; R = \frac{9U}{10I}$$

2 балла

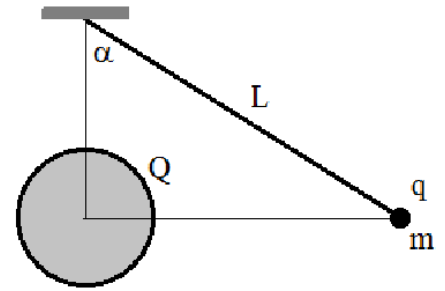
$R = 600$ Ом.

2 балла

Максимальное количество баллов за задачу 10 баллов.

Задача № 5.

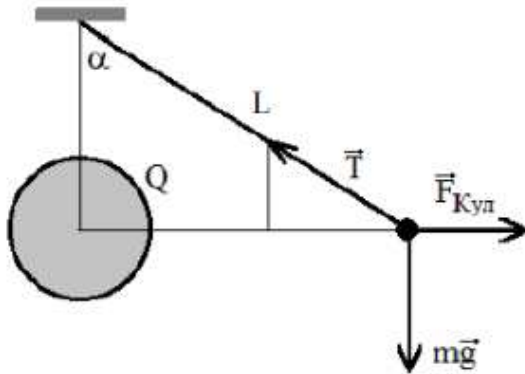
К небольшому заряженному шарiku, висящему на невесомой и нерастяжимой нити длины L , очень медленно подносят заряженную сферу с зарядом Q так, что центр сферы и шарика находятся на одной горизонтали. Когда центр сферы оказался точно под точкой подвеса нити, то нить с шариком отклонилась от вертикали на угол $\alpha = 60^\circ$. Найти величину заряда шарика. (10 баллов)



Решение

РЕШЕНИЕ:

Сделаем рисунок, расставим силы, действующие на шарик. Запишем условие равновесия на вертикальное направление



$$OX: T \cdot \cos \alpha$$

$$OY: T \sin \alpha$$

Так как сила кулона между сферой и шариком

$$F_{\text{Кул}} = k \frac{qQ}{L^2 \sin^2 \alpha}$$

С учётом записанных соотношений получаем выражение

$$mg \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = k \frac{qQ}{L^2 \sin^2 \alpha}$$

Отсюда находим величину заряда шарика q

$$q = \frac{mg \cdot \sin^3 \alpha \cdot L^2}{kQ \cdot \cos \alpha}$$

Так как угол $\alpha = 60^\circ$, то

$$q = \frac{3\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{mg \cdot L^2}{kQ}$$

Сделан рисунок, расставлены силы	3 балла
Записаны уравнения в проекциях на оси	2 балла
Выражение для силы Кулона, найдено правильно выражение для x через L	1 балл
Найдено выражение для q в общем виде	3 балла
Подставлен угол $\alpha = 60^\circ$	1 балл
Максимальное количество баллов за задачу 10 баллов.	

Максимальное количество баллов за работу 45 баллов.