

ФИЗИКА

Решение заданий школьного тура Всероссийской предметной олимпиады школьников 2013/2014 учебный год

11 класс

1. Проведем вспомогательные построения.

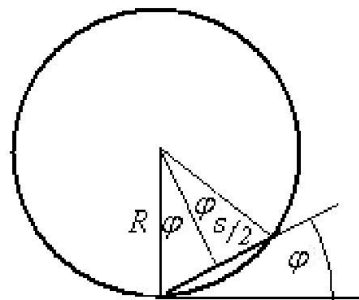
Видно, что $S = 2R \sin \varphi$, $a = g \sin \varphi$, для равнопеременного

движения без начальной скорости справедливо $S = \frac{at^2}{2}$,

отсюда $t = 2\sqrt{\frac{R}{g}}$ - время скатывания, действительно, не

зависит от угла скатывания. Для скорости в нижней точки

имеем: $V = at = 2\sqrt{gR} \sin \varphi$



2. Пусть внутреннее сопротивление вольтметра R_V , а амперметра R_A , R - искомое

сопротивление резистора. Тогда для схемы а) можно записать $\frac{RR_V}{R + R_V} = \frac{U_1}{I_1}$. Аналогично для схемы

б) $R + R_A = \frac{U_2}{I_2}$, а для схемы в) $R_V = \frac{U_3}{I_3}$. Отсюда получаем $R_V = 9,9 \text{ кОм}$, тогда $R = 100 \text{ Ом}$,

$R_A = 10 \text{ Ом}$

3. Для одноатомного газа $U = \frac{3}{2} \nu RT$. Из уравнения Менделеева-Клапейрона $\nu RT = pV$. По

условию задачи $U = bV^2$. Следовательно, в исследуемом процессе $p = \frac{2b}{3} V$. Работа в этом

процессе определяется как площадь под графиком зависимости $p(V)$, являющемся в этом процессе

прямой линией: $A = \frac{1}{2}(p_1 + p_2)(V_2 - V_1) = \frac{b}{3}(V_2^2 - V_1^2)$. Так как в этом процессе $\frac{3}{2} \nu RT = bV^2$, то

$A = \frac{1}{2} \nu R \Delta T = \frac{1}{3} \Delta U$. Из первого начала термодинамики $Q = \Delta U + A$, откуда $A = \frac{Q}{4}$.

4. Удачный удар – лобовой, а светиться, конечно, не все ядро, а только передняя часть.

Определим количество теплоты, идущее на нагревание передней части ядра: $\frac{mV^2}{2} \frac{1}{2} = c \frac{m}{3} \Delta T$. (Так

как передняя треть раскаляется вдвое сильнее, чем задняя, о на ее нагрев идет половина всей энергии, пошедшей на нагревание ядра) Отсюда следует, что для наблюдения подобного эффекта необходима скорость 650 м/с.

Примечание. Конечно, эта скорость несколько больше реальной скорости ядер того времени, однако в действительности разогревается до 700 0С не передняя треть, а существенно меньшая часть объема, что делает возможным достижение такого эффекта при существенно меньших скоростях.

5. Очевидно, что в силу симметрии необходимо рассмотреть только силы, действующие на нижнюю и одну боковую бусинку. Пусть заряды бусинок q , сила натяжения верхних нитей T_2 , нижних T_1 , длина каждой из нитей L . Тогда, так как угол между нитями в точке подвеса равен 60 0, то расстояние между «боковыми» бусинками равно длине нити. Условие равновесия для бокового заряда в проекциях на горизонтальную и вертикальную оси имеет вид:

$$(T_1 + T_2) \sin 30^\circ = (2 \sin 30^\circ + 1)k \frac{q^2}{L^2}$$

$$(T_2 - T_1) \cos 30^\circ = mg$$

Подставляя числовые значения $\cos 30^\circ$, $\sin 30^\circ$, имеем

$$T_2 + T_1 = 4k \frac{q^2}{L^2}$$

$$T_2 - T_1 = mg \frac{2}{\sqrt{3}}$$

Для нижнего заряда в силу симметрии системы проекция условия равновесия на вертикальную ось:

$$2T_1 \cos 30^\circ = mg + 2k \frac{q^2}{L^2} \cos 30^\circ + k \frac{q^2}{(2L \cos 30^\circ)^2}$$

После подстановки числовых значений

$$T_1 = \frac{mg}{\sqrt{3}} + k \frac{q^2}{L^2} \left(1 + \frac{1}{3\sqrt{3}}\right).$$

Таким образом, имеем систему из трех уравнений с тремя неизвестными. Выражая T_1 и T_2 получим:

$$T_1 = \frac{mg(9\sqrt{3} + 1)}{\sqrt{3}(3\sqrt{3} - 1)}, \text{ верхних } T_2 = \frac{mg(15\sqrt{3} - 2)}{\sqrt{3}(3\sqrt{3} - 1)}$$

