Олимпиада «Покори Воробьёвы горы!» по физике

10–11 классы, 2016 год

Билет 7 (Москва)

Каждое из четырёх заданий содержит вопрос (5 баллов) и задачу (20 баллов). Для получения диплома нужно было набрать от 77 баллов.

Задание 1

Вопрос. Как связаны между собой амплитуда ускорения, амплитуда скорости и амплитуда смещения при гармонических колебаниях? Ответ обосновать.

Задача. Длинный железнодорожный состав движется по инерции со скоростью $v_0 = 6$ м/с по горизонтальным рельсам, а затем въезжает на горку с постоянным углом наклона $\alpha = 4^\circ$ к горизонту. Состав полностью остановился за время $T = 30$ с, не доехав до конца склона. Какая часть состава к моменту остановки оказалась на склоне горки? Трением качения и длиной переходного участка при въезде на горку пренебречь. Ускорение свободного падения считать равным $g = 10$ м/с^2. Распределение массы по длине состава считать равномерным.

$$\boxed{k = \frac{\pi v_0}{2gT\sin\alpha} \approx 0{,}45}$$

Задание 2

Вопрос. Водяной пар, начальное давление которого равнялось 0,5 атм при температуре 100 °C, изотермически сжали, уменьшив его объём в три раза. Каким стало его давление? Ответ обосновать.

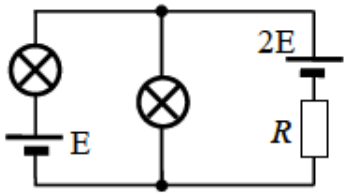
Задача. В гладком горизонтальном цилиндрическом сосуде между его вертикальной стенкой и подвижным вертикальным поршнем находится $m = 88$ г смеси азота и воды при температуре $t_0 = 100$ °C. Наружное давление равно нормальному атмосферному $p_0 \approx 101$ кПа, и смесь занимает объем $V_0 \approx 107{,}4$ л. Смесь медленно охладили до температуры $t_1 = 80$ °C, а затем поршень закрепили и продолжили медленное охлаждение. Сколько грамм жидкой воды будет находиться в сосуде при температуре $t_2 = 60$ °C? Давление насыщенного водяного пара при этой температуре $p_н \approx 20$ кПа. Универсальная газовая постоянная $R = 8{,}31$ Дж/(моль · К).

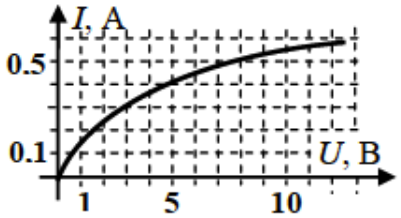
$$\boxed{m_x = \frac{\mu_A\mu_B}{\mu_A-\mu_B}\frac{p_0V_0}{RT_0} - \frac{\mu_B m}{\mu_A-\mu_B} - \frac{\mu_B p_н T_1 V_0}{RT_2T_0} \approx 4{,}8\ г}$$

Задание 3

Вопрос. Почему у ламп накаливания связь протекающего через их спираль тока с напряжением, как правило, не соответствует закону Ома (не является линейной)?

Задача. В схеме, показанной на рисунке слева, одинаковые лампы являются нелинейными элементами — их вольтамперная характеристика показана на рисунке справа.





Сопротивление резистора $R = 28$ Ом, а $E = 6$ В. Найти суммарную мощность, потребляемую обеими лампами.

$P \approx 2{,}14$ Вт

Задание 4

Вопрос. В каком случае оптическую силу системы из двух тонких линз с общей осью с хорошей точностью можно считать равной сумме оптических сил этих линз? Ответ объяснить.

Задача. Две тонкие линзы расположены на общей оптической оси на расстоянии L друг от друга. На той же оси на таком же расстоянии L от ближайшей из них расположен точечный источник света, лучи от которого последовательно проходят через обе линзы. Если ближе к источнику размещена линза с большей оптической силой, то изображение источника находится на расстоянии $2L$ за дальней линзой. Если, не перемещая источник, переставить линзы, то изображение будет находиться на расстоянии $3L/2$ за дальней линзой. Найти фокусные расстояния обеих линз.

$F_1 = L,\ F_2 = 2L$