

ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «ПОКОРИ ВОРОБЬЕВЫ ГОРЫ» ПО ФИЗИКЕ.

2014/15 учебный год, ЗАДАНИЕ ЗАОЧНОГО ТУРА. 10 и 11 классы.

Часть I.

Эта часть представляла собой тестовое задание, индивидуальное для каждого участника, причем все варианты тестового задания были равнозначны. Ниже приводится в качестве примера один из вариантов с комментариями методической комиссии.

Пример тестового задания.

Вопрос 1 (5 баллов):

Комета массы m пересекла орбиту Нептуна со скоростью V , облетела Солнце (минимальное расстояние до него было равно r) и снова вернулась к орбите Нептуна. Считая, что орбита Нептуна – это окружность радиуса R , найдите работу силы тяготения Солнца над кометой за время ее полета внутри этой орбиты. Масса Солнца M , гравитационная постоянная G .

Варианты ответа:

а) $\frac{mV^2}{2}$

б) $\frac{GmM}{r}$

в) $\frac{GmM}{R}$

г) 0

д) $-\frac{GmM}{R}$

Правильный ответ: «г».

Комментарий: во всех вариантах вопрос сводился к вычислению работы потенциальных сил при перемещении тела между точками с одинаковым значением потенциальной энергии (в данном случае – если считать Солнце шаром со сферически-симметричным распределением масс, потенциальная энергия кометы в поле тяготения Солнца зависит только от расстояния от Солнца до кометы; поэтому в двух разных точках одной круговой орбиты ее величина одинакова). Такая работа всегда равна нулю.

Вопрос 2 (6 баллов):

Небольшая шайба, скользящая по гладкой горизонтальной поверхности, проходит точку А в момент времени, принятый за $t = 0$. Далее до момента времени $t_1 = 5$ с на шайбу действует постоянная сила, сонаправленная со скоростью, и к этому моменту скорость шайбы увеличивается в три раза. В этот момент времени сила мгновенно изменяет свое направление на противоположное, оставаясь такой же по абсолютной величине. В какой момент времени t шайба вернется в точку А? Ответ запишите в секундах, округлив до десятых долей секунды.

Правильный ответ: 22,8.

Комментарий: Пусть v_0 - скорость шайбы в момент $t=0$, а координату x будем отсчитывать от точки А в направлении начального движения шайбы. Обозначим a постоянной величиной ускорения шайбы. Тогда $v_0 + at_1 = 3v_0 \Rightarrow a = \frac{2v_0}{t_1}$. При этом

$x(t_1) = v_0 t_1 + \frac{at_1^2}{2} = 2v_0 t_1$, и закон движения шайбы при $t > t_1$ записывается так:

$x(t) = 2v_0 t_1 + 3v_0(t - t_1) + \frac{a(t - t_1)^2}{2} = 2v_0 t_1 + 3v_0(t - t_1) + \frac{v_0(t - t_1)^2}{t_1}$. Тогда искомое время

определяется из уравнения $x(t) = 0 \Rightarrow (t - t_1)^2 - 3t_1(t - t_1) - 2t_1^2 = 0$. Следовательно,

$$t = \frac{5 + \sqrt{17}}{2} t_1 \approx 22,8 \text{ с.}$$

Вопрос3 (10 баллов):

Диаграмма процесса расширения постоянного количества гелия в координатах «давление-объем» есть прямая линия (1-2 на рисунке 1). В этом процессе гелий обменивается с внешним источником количеством теплоты $Q = 506$ Дж. Какое количество теплоты нужно отнять от гелия, чтобы вернуть его в исходное состояние посредством изобарного сжатия и изохорного нагревания (2-3-1)? Известно, что абсолютная температура гелия в точках 1 и 2 одинакова и $n = 1,2$ раза больше его температуры в точке 3. Ответ запишите по абсолютной величине, в Джоулях, округлив до целого значения.

Правильный ответ: 460.

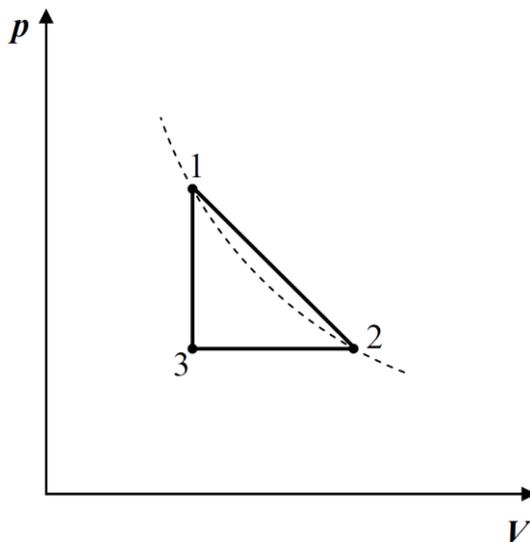


Рисунок 1.

Комментарий: в обоих процессах (1-2 и 2-3-1) начальная и конечная температуры совпадают, поэтому внутренняя энергия гелия не изменяется и количество теплоты равно работе гелия:

$Q = Q_{12} = A_{12} = \frac{p_1 + p_2}{2}(V_2 - V_1)$, $Q' = Q_{231} = A_{231} = -p_2(V_2 - V_1)$ (как видно, в

процессе 2-3-1 тепло действительно отводится от гелия). Следовательно, $|Q'| = \frac{2p_2}{p_1 + p_2} Q$.

Так как процесс 3-1 – изохорный, то $\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_3} = n$, и $|Q'| = \frac{2}{n+1} Q = 460$ Дж.

Вопрос4 (8 баллов):

В схеме, показанной на рисунке 2, все резисторы имеют одинаковое сопротивление $R = 100$ Ом, ЭДС источника равна $E = 27$ В, а его внутреннее сопротивление $r = 16$ Ом. Каковы будут показания амперметра, если его внутреннее сопротивление $r' = 4$ Ом? Ответ запишите в миллиамперах, округлив до целого значения.

Правильный ответ: 225.

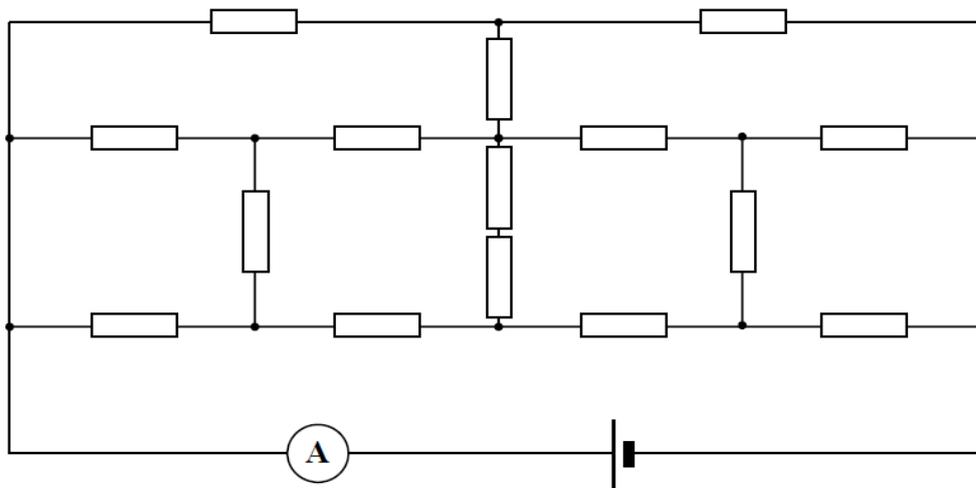
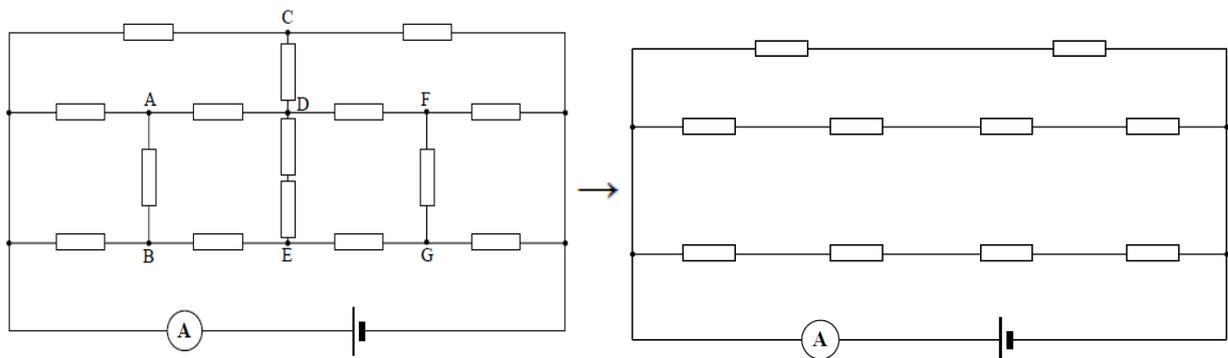


Рисунок 2.

Комментарий: В силу симметрии схемы потенциалы точек А и В, потенциалы точек С, D и Е, потенциалы F и G равны. Поэтому ток по соединяющим их ветвям схемы не течет и их можно удалить их из схемы без изменения тока через амперметр. В результате получается существенно более простая схема, и ток легко вычисляется:



$$R_{\text{общ}} = R, \text{ и поэтому } I = \frac{E}{R + r + r'} = 225 \text{ мА.}$$

Максимальный балл за часть I: 29 баллов.