

## 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  $a$  постоянную величину 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.**

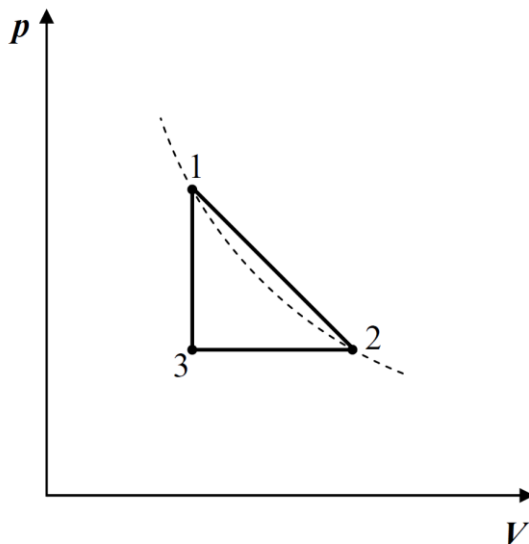


Рисунок 1.

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:  $Q = Q_{12} = A_{12} = \frac{p_1 + p_2}{2}(V_2 - V_1)$ ,  $Q' = Q_{231} = A_{23} = -p_2(V_2 - V_1)$  (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.**

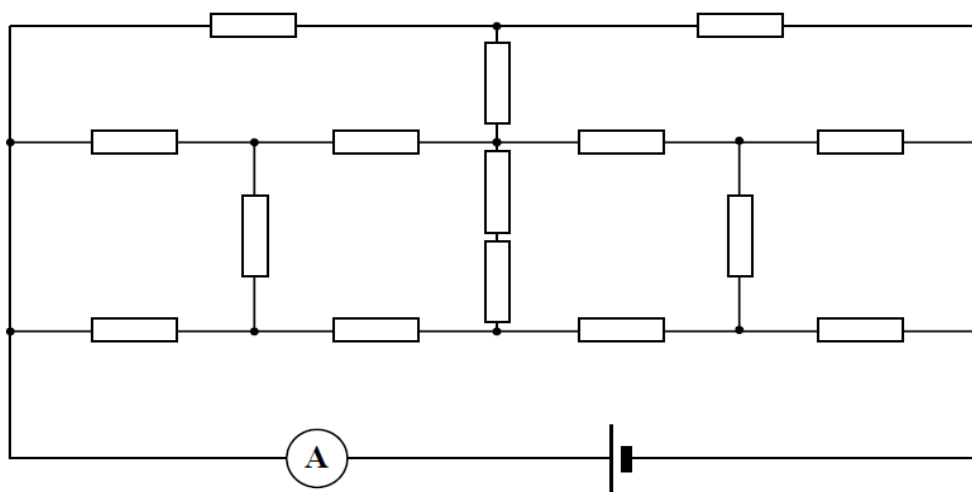
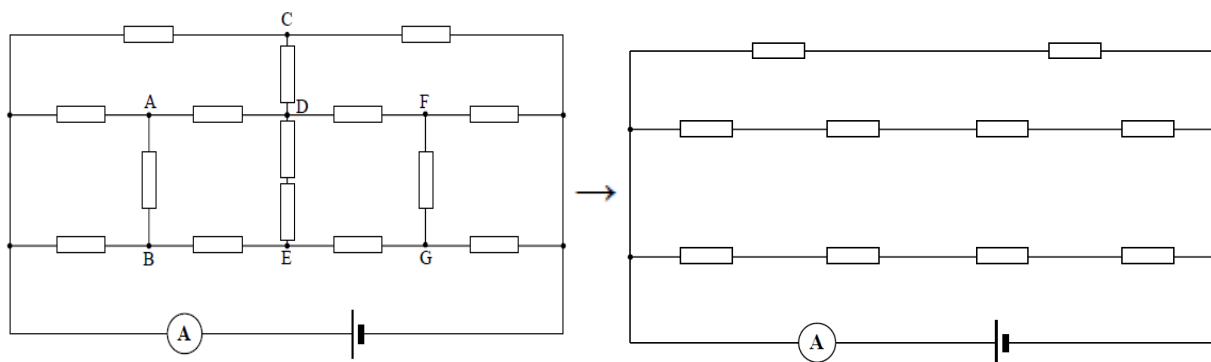


Рисунок 2.

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 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.**