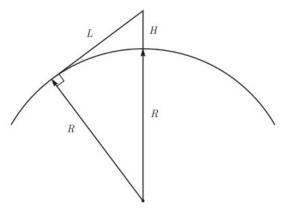
На решение олимпиадных заданий по физике 9 класса отводится 3.5 часа (210 минут).

## 9 КЛАСС

1. На море штиль. Отец и сын стоят у самой кромки воды. Расстояние от уровня воды до уровня глаз отца H = 167 *см*. Найти расстояние от уровня воды до уровня глаз сына h, если горизонт дальше для отца, чем для сына в 1.1 раза?

Возможное решение.



Пусть радиус Земли равен R. Тогда по теореме Пифагора можно найти расстояние, на котором отец видит горизонт

$$L_O = \sqrt{(R+H)^2 - R^2} = \sqrt{2RH\left(1 + \frac{H}{2R}\right)}$$
. (5 баллов)

Используем приближение, учитывая, что

$$H << 2R \Rightarrow \left(\frac{H}{2R}\right) \rightarrow 0$$
, тогда

$$L_{\scriptscriptstyle O} pprox \sqrt{2RH}$$
 . (3 балла)

Аналогично находим расстояние, на котором горизонт видит сын:

$$L_C \approx \sqrt{2Rh}$$
.

Тогда

$$\frac{L_O}{L_C} \approx \sqrt{\frac{H}{h}} = 1.1 \Rightarrow h = \frac{H}{1.1^2}$$
. (1 балл)

$$h = \frac{1.68}{1.21} = 139$$
 см. (1 балл)

2. Если в холодильнике стоит только одна банка с вареньем, его компрессор в установившемся режиме включается через каждые  $T_1 = 30$  минут и работает  $\tau_1 = 6$  минут. Если холодильник пустой, то в установившемся режиме он будет включаться каждые T = 18 минут. Как часто будет включаться холодильник, если в него поставить 11 банок варенья ( $T_{11}$ )? Найдите время  $\tau_{11}$  работы компрессора, когда в холодильнике 11 банок варенья и время  $\tau$  работы компрессора, когда холодильник пуст.

Указание: Регулятор задает температуру t внутри холодильника в небольшом интервале  $t\pm \Delta t/2$ . Когда температура становится равной  $t+\Delta t/2$ , холодильник включается, когда она снижается до  $t-\Delta t/2$ , холодильник выключается. Мощность теплообмена с окружающей средой считайте постоянной.

Возможное решение.

Пусть C — теплоёмкость пустого холодильника [Дж/кг], а  $C_{\it B}$  — теплоемкость банки с вареньем [Дж/кг].

Заметим, что, так как мощности притока и отвода тепла постоянные, во сколько раз больше теплоемкость холодильника с содержимым, во столько раз больше время нагревания и затем время охлаждения, а значит и всего цикла. (4 балла)

Поэтому можно составить три уравнения: для холодильника с одной банкой (здесь α – постоянный коэффициент пропорциональности); с 11 банками и пустого холодильника:

$$C + C_B = \alpha T_1$$

$$C + 11C_B = \alpha T_{11}$$

$$C = \alpha T$$
.

Решая эту систему, получим

$$T_{11} = 11 \cdot T_1 - 10 \cdot T = 11 \cdot 30 - 10 \cdot 18 = 150$$
 минут. (2 балла)

Аналогичные соотношения справедливы и для времён работы компрессора:

$$C + C_B = \beta \tau_1$$

$$C + 11C_B = \beta \tau_{11}$$

$$C = \beta \tau$$
.

Тогда будут справедливы выражения:

$$\alpha T_1 = \beta \tau_1$$

$$\alpha T_{11} = \beta \tau_{11}$$

$$\alpha T = \beta \tau$$
.

Откуда легко получить соотношения:

$$\tau_{11} = \tau_1 \cdot \frac{T_{11}}{T_1} = 6 \cdot \frac{150}{30} = 30$$
 минут. (2 балла)

$$\tau = \tau_1 \cdot \frac{T}{T_1} = 6 \cdot \frac{18}{30} = 3.6$$
 минуты. (2 балла)

3. В цепь источника постоянного напряжения 18 Вольт включены последовательно резистор и вольтметр, показывающий напряжение 12 Вольт. В цепь последовательно

включают еще один такой же вольтметр. Какое напряжение будут показывать вольтметры? Во сколько раз отличаются сопротивления вольтметров и резистора?

Возможное решение.

При последовательном соединении элементов цепи напряжения на них складываются, поэтому напряжение на резисторе  $U_R = U - U_V = 18 - 12 = 6\,$  Вольт. (2 балла)

Ток в последовательно соединенных элементах одинаков, поэтому, используя закон Ома для однородного участка цепи, получим:

$$\frac{U_V}{R_V} = \frac{U_R}{R} \Rightarrow \frac{R_V}{R} = \frac{U_V}{U_R} = \frac{12}{6} = 2$$
, т.е.  $R_V = 2R$ . (2 балла)

При последовательном соединении еще одного такого же вольтметра получим общее сопротивление цепи:  $R_0 = R_V + R_V + R = 5R$ . (2 балла)

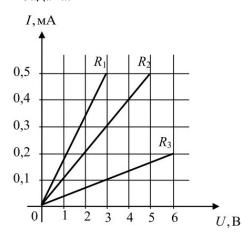
Тогда общий ток в цепи станет:

$$I = \frac{U}{R_0} = \frac{U}{5R}$$
. (2 балла)

А напряжение на вольтметрах соответственно:

$$U_V' = I \cdot R_V = \frac{U \cdot 2R}{5 \cdot R} = 0.4 \cdot U = 0.4 \cdot 18 = 7.2$$
 Вольта. (2 балла)

4 Задача.



На рисунке изображен график зависимости силы тока от напряжения для трех различных резисторов сопротивление которых  $R_{\rm l}$  ,  $R_{\rm 2}$  и  $R_{\rm 3}$  .

- а) Определите сопротивления  $R_1$ ,  $R_2$  и  $R_3$  резисторов.
- б) Каким образом следует соединить эти три резистора, чтобы получить общее сопротивление  $R = 13.5 \ \kappa Om?$
- в) Какой из резисторов будет нагреваться меньше всех остальных при их подключении к батарейке с напряжением  $U_{\scriptscriptstyle 0}$ ? Определите количество тепла, которое

выделится на этом резисторе за время t = 30 *минут* при его подключении к батарейке с напряжением  $U_1 = 12$  B.

Возможное решение.

Из графика сопротивление первого резистора

$$R_1 = \frac{3 B}{0.5 \, MA} = 6 \, \kappa O M. \, (1 \, \text{балл})$$

второго резистора

$$R_2 = \frac{5 B}{0.5 MA} = 10 \kappa Om. (1 балл)$$

третьего резистора

$$R_3 = \frac{6B}{0.2 \text{ мA}} = 30 \text{ кОм.}$$
 (1 балл)

Чтобы получить сопротивление  $R = 13.5 \ \kappa O M$  можно резисторы  $R_2$  и  $R_3$  соединить параллельно (таким образом, получится сопротивление  $7.5 \ \kappa O M$ ), а последовательно к ним присоединить резистор  $R_1$ . (4 балла)

Поскольку мощность, выделяющаяся на резисторе, определяется формулой  $P = U_0^2/R$ , меньше всех будет нагреваться резистор  $R_3$  с самым большим сопротивлением. (1 балл)

За 30 минут на нём выделится теплота

$$Q = \frac{U_1^2}{R_3} \cdot t = \frac{12^2}{30 \cdot 10^3} \cdot 30 \cdot 60 = 8.64$$
 Дж. (2 балла)

5. Юный легкоатлет бежит по прямой галерее со скоростью v = 4 m/c в погоню за плоским зеркалом, движущимся со скоростью  $v_3 = 1$  m/c, в ту же сторону, что и спортсмен. В какую сторону, и с какой скоростью движется изображение легкоатлета?

Возможное решение.

Расстояние от спортсмена до зеркала уменьшается со скоростью  $v' = v - v_3 = 3$  m/c, (3 балла) с такой же скоростью уменьшается расстояние от зеркала до изображения. (3 балла). Значит, изображение движется против движения легкоатлета и зеркала (1 балл) со скоростью  $v'' = v' - v_3 = 2$  m/c. (3 балла)