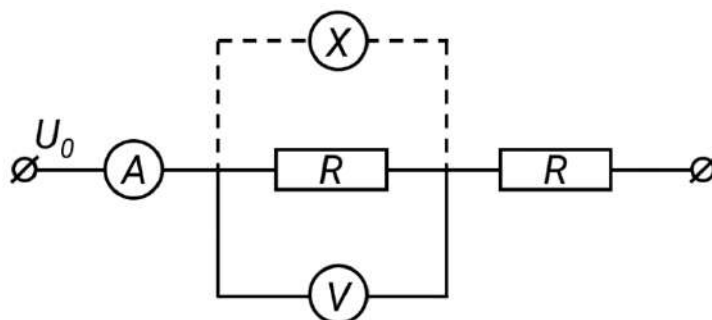


ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ФИЗИКА. 2024 г.
ПРИГЛАСИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП. 8 КЛАСС
ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

Максимальный балл за работу – 30.

Задание № 1

Дана схема цепи, состоящей из двух резисторов сопротивлением $R = 100$ Ом каждый, амперметра с пренебрежимо малым сопротивлением и вольтметра с сопротивлением, много большим R . Цепь подключают к источнику напряжения. Вольтметр показывает напряжение $U = 10.5$ В.



Определите показания амперметра I_0 . Ответ выразите в миллиамперах, округлите до целых.

Ответ: 105

Точное совпадение ответа – 1 балл.

Решение.

Так как сопротивление вольтметра велико, то через резисторы и амперметр бежит одинаковый ток. Найдём его с помощью закона Ома:

$$I_0 = I_R = \frac{U}{R} = \frac{10.5 \text{ В}}{100 \text{ Ом}} = 105 \text{ мА.}$$

Задание № 2

Определите напряжение источника U_0 . Ответ выразите в вольтах, округлите до целых.

Ответ: 21

Точное совпадение ответа – 1 балл.

Решение.

Напряжение источника равно сумме падений напряжений на резисторах (на амперметре падение напряжения пренебрежимо мало):

$$U_0 = I_0(R_1 + R_2) = 2I_0R = 2 \cdot 0.105 \text{ А} \cdot 100 \text{ Ом} = 21 \text{ В.}$$

Задание № 3

Определите тепловую мощность P_0 , выделяющуюся в цепи. Ответ выразите в ваттах, округлите до десятых.

Ответ: 2.2

Точное совпадение ответа – 2 балла.

Решение.

$$P_0 = \frac{U_0^2}{R_0} = \frac{U_0^2}{2R} = \frac{(21 \text{ В})^2}{200 \text{ Ом}} = 2.2 \text{ Вт.}$$

Задание № 4

Параллельно одному из резисторов подключают новый элемент. Установите соответствие между наименованием нового элемента и показаниями амперметра.

Ответ:

Амперметр	210 мА
Вольтметр	105 мА
Резистор R	140 мА

За каждую верную пару – 1 балл. Всего – 3 балла.

Решение.

Если подключить амперметр, то он вызовет короткое замыкание в данном резисторе. Показания обоих амперметров – новая сила тока в цепи:

$$I = \frac{U_0}{R_0} = \frac{21 \text{ В}}{100 \text{ Ом}} = 210 \text{ мА.}$$

Можно также сказать, что подключение амперметра приведёт к падению сопротивления цепи и нужно выбрать ответ с возросшей силой тока.

Если подключить вольтметр, то распределение токов не изменится, показания амперметра останутся равны 105 мА.

Если подключить резистор R, то новое сопротивление цепи будет:

$$R_0 = \frac{R \cdot R}{R+R} + R = 1.5R.$$

Показания амперметра:

$$I = \frac{U_0}{R_0} = \frac{21 \text{ В}}{150 \text{ Ом}} = 140 \text{ мА.}$$

Задание № 5

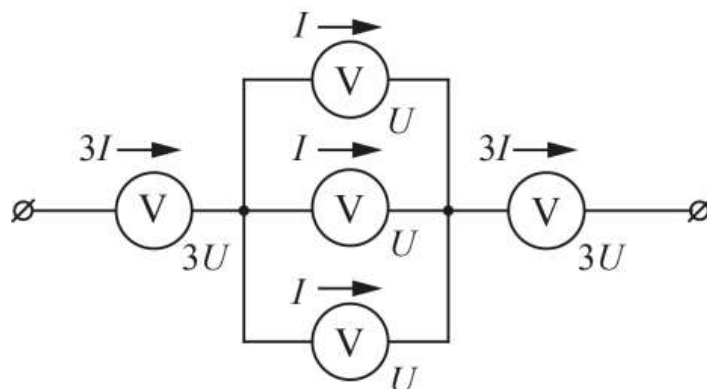
Вместо всех пяти элементов подключают одинаковые вольтметры. Запишите максимальное из значений показаний вольтметров. Ответ выразите в вольтах, округлите до целых.

Ответ: 9

Точное совпадение ответа – 3 балла.

Решение.

В данном случае мы уже не можем пренебрегать токами, текущими через вольтметры. Используем свойства параллельного и последовательного соединений, а также то, что вольтметры одинаковые, и расставим токи и напряжения.



Общее напряжение $U_0 = 7U$, а максимальные из показаний вольтметров:

$$3U = \frac{3}{7} U_0 = 9 \text{ В.}$$

Задание № 6

Пределом прочности материала называют максимальное механическое напряжение, которое он способен выдержать, прежде чем начать разрушаться. В таблице представлены данные о плотности и пределе прочности некоторых материалов.

Примечание: механическое напряжение в точке тела определяется отношением внутренней силы, вызванной деформацией, к единице площади в данной точке рассматриваемого сечения.

Материал	Плотность, кг/м ³	Предел прочности, МПа
Алюминий	2700	300
Бронза	7500	750
Вольфрам	19250	100
Сталь	7800	600

Выберите материал с наибольшей прочностью:

Ответ:

- Алюминий
- Бронза
- Вольфрам
- Сталь

Точное совпадение ответа – 1 балл.

Задание № 7

С какой силой надо растянуть стальной трос площадью сечения $s = 1 \text{ мм}^2$, чтобы он разрушился? Ответ выразите в ньютонах, округлите до целых.

Ответ: 600

Точное совпадение ответа – 2 балла.

Решение.

Исходя из определения предела прочности, $F_{\max} = \sigma \cdot s$, где σ – предел прочности. Пусть F_{\max} – разрушающая сила, тогда

$$F_{\max} = \sigma \cdot s = 600 \cdot 10^6 \text{ Па} \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 = 600 \text{ Н}.$$

Задание № 8

Какой максимальной высоты можно построить сплошную цилиндрическую башню из алюминия, прежде чем она разрушится под собственным весом? Ответ выразите в километрах, округлите до десятых.

Ответ: 11.1

Точное совпадение ответа – 2 балла.

Решение.

Давление в нижней части башни, связанное с весом вышележащих слоёв, не должно превысить предел прочности.

$$\rho_{\text{Al}} g H_{\text{Al}} = \sigma_{\text{Al}} \Rightarrow H_{\text{Al}} = \frac{\sigma_{\text{Al}}}{\rho_{\text{Al}} g} = \frac{300 \cdot 10^6 \text{ Па}}{2700 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}} \approx 11111 \text{ м} = 11.1 \text{ км}.$$

Задание № 9

Какой максимальной высоты можно построить сплошную цилиндрическую башню из стали, прежде чем она разрушится под собственным весом? Ответ выразите в километрах, округлите до десятых.

Ответ: 7.7

Точное совпадение ответа – 2 балла.

Решение.

Давление в нижней части башни, связанное с весом вышележащих слоёв, не должно превысить предел прочности.

$$\rho_{\text{ст}} g H_{\text{ст}} = \sigma_{\text{ст}} \Rightarrow H_{\text{ст}} = \frac{\sigma_{\text{ст}}}{\rho_{\text{ст}} g} = \frac{600 \cdot 10^6 \text{ Па}}{7800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}} \approx 7692 \text{ м} = 7.7 \text{ км.}$$

Задание № 10

Какой максимальной высоты можно построить сплошную цилиндрическую башню из стали и алюминия? Ответ выразите в километрах, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [14.8; 15.0]

Точное совпадение ответа – 3 балла.

Решение.

В основании башни нужно поместить более прочный материал (сталь), а верхнюю часть сделать из менее прочного алюминия. Максимальная высота алюминиевой надстройки нами уже найдена – $H_{\text{Al}} = 11.1$ км. Она создаёт давление на основание, равное пределу прочности алюминия ($\sigma_{\text{Al}} = 300$ МПа). У стали останется запас прочности:

$$\Delta\sigma = \sigma_{\text{ст}} - \sigma_{\text{Al}} = (600 - 300) \text{ МПа} = 300 \text{ МПа,}$$

что позволит возвести основание высотой:

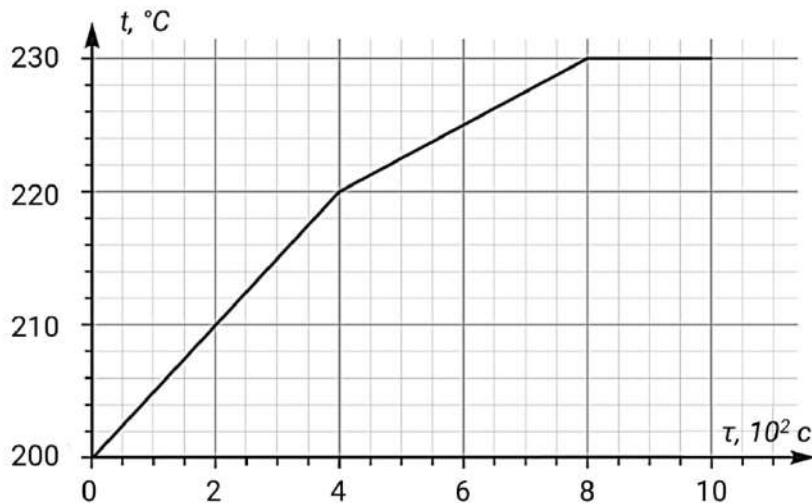
$$H_0 = \frac{\Delta\sigma}{\rho_{\text{ст}} g} = \frac{300 \cdot 10^6 \text{ Па}}{7800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}} \approx 3846 \text{ м} = 3.8 \text{ км.}$$

Итоговая высота башни:

$$H = H_0 + H_{\text{Al}} = 14.9 \text{ км.}$$

Задание № 11

Некоторое количество металла в твёрдом состоянии поместили в теплоизолированный электрический тигель и начали нагревать. На графике показана зависимость температуры содержимого от времени.



В некоторый момент времени мощность нагрева снизилась из-за поломки. В какой момент времени это произошло? Ответ выразите в секундах, округлите до целых.

Ответ: 400

Точное совпадение ответа – 1 балл.

Решение.

Точка излома соответствует $\tau = 400$ с.

Задание № 12

Определите отношение старой мощности к новой. Ответ округлите до целых.

Ответ: 2

Точное совпадение ответа – 2 балла.

Решение.

Так как тепловая мощность

$$N = \frac{Q}{\Delta\tau} = \frac{cm\Delta t}{\Delta\tau} = cm \frac{\Delta t}{\Delta\tau}$$

пропорциональна угловому коэффициенту зависимости, то искомое отношение имеет вид:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{\Delta t_1 \Delta\tau_2}{\Delta\tau_1 \Delta t_2} = \frac{20^\circ\text{C} \cdot 400 \text{ с}}{400 \text{ с} \cdot 10^\circ\text{C}} = 2.$$

Задание № 13

Металл в тигле начал плавиться. Определите температуру плавления. Ответ выразите в градусах Цельсия, округлите до целых.

Ответ: 230

Точное совпадение ответа – 1 балл.

Решение.

Температура при подведении теплоты перестала меняться (начался фазовый переход) при 230 °С.

Задание № 14

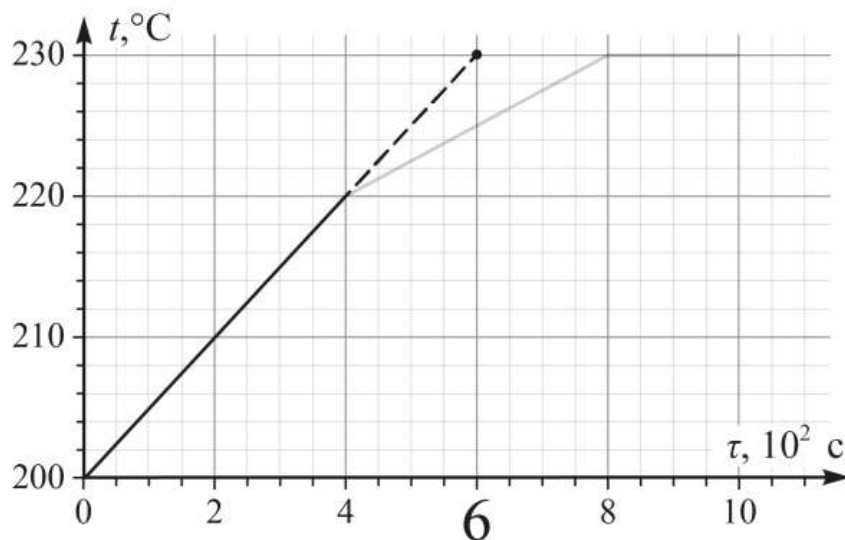
В какой момент времени началось бы плавление без поломки? Ответ выразите в секундах, округлите до целых.

Ответ: 600

Точное совпадение ответа – 1 балл.

Решение.

Можно продолжить первоначальный график до 230 °С (или сделать аналогичное действие аналитически)



Задание № 15

К моменту $\tau = 1000$ с расплавилось $\Delta m = 1$ кг металла. Удельная теплота плавления $\lambda = 60$ кДж/кг. Определите мощность нагревателя после поломки. Ответ выразите в ваттах, округлите до целых.

Ответ: 300

Точное совпадение ответа – 2 балла.

Решение.

Мощность нагревателя после поломки равна:

$$N_2 = \frac{Q_{\text{пл}}}{\Delta\tau_{\text{пл}}} = \frac{\lambda\Delta m}{\Delta\tau_{\text{пл}}} = \frac{60 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot 1 \text{ кг}}{1000 \text{ с} - 800 \text{ с}} = 300 \text{ Вт.}$$

Задание № 16

Определите время, в течение которого в тигле расплавился весь металл. Удельная теплоёмкость металла $c = 230 \text{ Дж/кг}\cdot^\circ\text{C}$. Ответ выразите в минутах, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [172; 176]

Точное совпадение ответа – 3 балла.

Решение.

Зная удельную теплоёмкость металла, определим его массу из участка $\tau \in [400...800] \text{ с}$:

$$N_2 = \frac{Q_2}{\Delta\tau_2} = \frac{cm\Delta t_2}{\Delta\tau_2} \Rightarrow m = \frac{N_2\Delta t_2}{c\Delta\tau_2}.$$

Время плавления:

$$\Delta\tau = \frac{Q}{N_2} = \frac{\lambda m}{N_2} = \frac{\lambda N_2 \Delta t_2}{N_2 c \Delta\tau_2} = \frac{60 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot 400 \text{ с}}{230 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}} \cdot 10^\circ\text{C}} \approx 10434 \text{ с} \approx 174 \text{ мин.}$$

Максимальный балл за работу – 30.