

Вступительная работа по ФИЗИКЕ. 8 класс. 2021 год

1. Воздухоплаватели

При небольших изменениях температуры плотность любого газа можно приблизительно рассчитывать по формуле $\rho = \rho_0 \left(1 - \frac{t^\circ}{270}\right)$, где t° - температура газа в градусах Цельсия, а ρ_0 - его плотность при 0°C .

- А) Как-то, при температуре окружающего воздуха 20°C , Винни-Пух массой $M = 40$ кг надул воздушный шар и отправился в полёт. Оцените объём его воздушного шара. Известно, что температура воздуха, выдыхаемого Винни-Пухом $t_1 = 36^\circ\text{C}$, а плотность воздуха при 0°C $\rho_0 \approx 1,35$ кг/м³.
- Б) Винни надул шарик не только себе, но и – подходящего размера – своему другу Пятачку (масса Пятачка $m = 5$ кг). Они отправились в полёт, находясь при этом на одной высоте. Кто из друзей вынужден был первым начать снижаться из-за остывания воздуха в своем шаре? Ответ поясните.

2. Пони бежит по кругу

Пони бежит по кругу со скоростью $v_{\text{п}} = 36$ км/ч вокруг карусели. Каждые $t_1 = 12$ секунд он обгоняет деревянную лошадку, которая вращается вместе с каруселью по окружности в 2 раза меньшего радиуса, чем радиус бега пони. Известно, что карусель делает 1 оборот за время $t_2 = 8$ секунд.

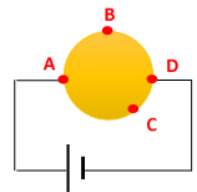
- А) Найдите скорость $v_{\text{л}}$ деревянной лошадки.
- Б) В момент, когда пони в очередной раз обогнал лошадку, карусель начала равномерно тормозить и ровно через $t_0 = 7$ секунд остановилась. Успел ли пони за это время обогнать лошадку ещё раз? Ответ объясните.
(Пони обгоняет лошадку в тот момент, когда они оказываются на одной линии с центром вращения, как изображено на рисунке.)



3. Незнайкино солнце

Для конкурса «искусственное солнце» Незнайка взял нихромовый шарик (нихром – сплав, из которого делаются нагревательные элементы) и подключил его к батарейке. Шарик нагрелся и стал немного светиться.

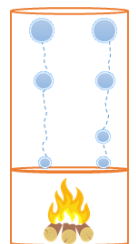
- А) Вблизи каких точек (А, В, С или D) шарик нагревается и светится ярче всего? Ответ поясните.
- Б) По идее Незнайки, для искусственного солнца надо было взять нихромовый шар в тысячу раз большего радиуса, установить его над цветочным городом и подключить к той же батарейке. Сильнее или слабее нагреется такой шар по сравнению с исходным шариком? Объясните свой ответ.



4. Огонь, вода и медная труба

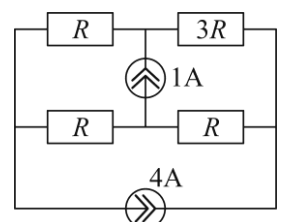
Над огнём, в котором каждую секунду сгорает $m_1 = 0,4$ г дров, стоит медная труба – цилиндр, с медной перегородкой внизу. Над перегородкой кипит вода. Кипение выглядит примерно так: на перегородке образуются маленькие пузырьки объёма $V_0 = 1$ мм³, и за время всплытия, каждый пузырёк увеличивает свой радиус в 20 раз.

- А) Чему примерно равно число пузырьков, всплывающих за одну секунду?
- Б) Когда огонь разгорелся сильнее, так что каждую минуту стало сгорать $m_2 = 81$ г дров, количество всплывающих пузырьков не изменилось. Во сколько раз изменился радиус всплывшего пузырька? Удельная теплота сгорания дров $q = 1,15 \cdot 10^7$ Дж/кг, образования пара $L = 2,3 \cdot 10^6$ Дж/кг, плотность пара при атмосферном давлении $\rho_{\text{пара}} = 0,8$ кг/м³.



5. Два источника

В схеме, показанной на рисунке, есть два источника тока. Через нижний источник протекает ток 4 А, а через верхний – ток 1 А. Направление тока через источники показано стрелками. Определите напряжение на верхнем и нижнем источниках. Сопротивление $R = 5$ Ом.



Если нужно, во всех задачах считайте $g = 10 \text{ м/с}^2$

Решения вступительной работы по физике. 8 класс. 2021 год

1. Воздухоплаватели (А – 3 балла, Б – 3 балла)

Плотность наружного воздуха при температуре $t = 20^\circ\text{C}$

$$\rho = \rho_0 \left(1 - \frac{t}{270}\right)$$

Плотность воздуха в шаре при $t_1 = 36^\circ\text{C}$

$$\rho_1 = \rho_0 \left(1 - \frac{t_1}{270}\right)$$

Суммарная сила тяжести Винни-Пуха и воздуха в шаре уравнивается силой Архимеда:

$$F_{\text{тяж}} = mg + \rho_1 Vg \Rightarrow M = (\rho - \rho_1)V = \rho_0 V \left(\frac{t_1 - t}{270}\right)$$

Откуда

$$V = \frac{M}{\rho_0} \cdot \frac{270}{t_1 - t} = \frac{40}{1,35} \cdot \frac{270}{36 - 20} = 500 \text{ (м}^3\text{)}$$

Ответ А: объём воздушного шара Винни $V = 500 \text{ (м}^3\text{)}$

Для Пятачка объём его шара

$$V = \frac{m}{\rho_0} \cdot \frac{270}{t_1 - t}$$

То есть объём уменьшится в $M/m = 8 = (2)^3$ раз по сравнению с Винни-Пухом. Это значит, радиус шара уменьшится в 2 раза. Запас тепла в шаре определяется массой тёплого газа, то есть у шара Пятачка он в 8 раз меньше, а скорость остывания зависит от площади оболочки, которая у Пятачка только в $(2)^2 = 4$ раза меньше. Значит, шар Пятачка остынет быстрее и снизится раньше.

Ответ Б: шар Пятачка остынет быстрее и снизится раньше.

2. Пони бежит по кругу (А – 3 балла, Б – 4 балла)

За время $t_1 = 12 \text{ с}$ карусель с лошадкой сделает

$$N_{\text{л}} = t_1/t_2 = 12/8 = 1,5 \text{ оборота}$$

Пони за это время вновь догоняет лошадку, то есть он делает на один оборот больше:

$$N_{\text{п}} = N_{\text{л}} + 1 = 2,5 \text{ оборота}$$

Пусть 1 оборот лошадки имеет длину l , тогда путь пони будет $L = 2l$;

Имеем

$$V_{\text{п}} \cdot t_1 = 2,5L = 5l$$

Переведём скорость пони в метры за секунду: $V_{\text{п}} = 36 \text{ км/ч} = 10 \text{ м/с}$;

И тогда

$$L = V_{\text{п}} \cdot \frac{t_1}{2,5} = 10 \cdot \frac{12}{2,5} = 48 \text{ (м)} \Rightarrow l = 24 \text{ (м)}$$

Откуда

$$V_{\text{л}} \cdot t_2 = l \Rightarrow V_{\text{л}} = l/t_2 = 24/8 = 3 \text{ (м/с)} = 10,8 \text{ (км/ч)}$$

Ответ А: скорость деревянной лошадки $V_{\text{л}} = 3 \text{ м/с} = 10,8 \text{ км/ч}$

Будем смотреть не на движение лошадки Л, а на движение «тени лошадки» Т, которую бы она отбрасывала от фонаря, расположенного в центре вращения О, на круг, по которому бежит пони (см. рисунок →).

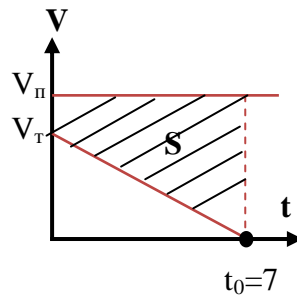
Скорость тени

$$V_{\text{т}} = 2 \cdot V_{\text{л}} = 6 \text{ (м/с)}$$

График перемещения пони и тени после выключения карусели выглядит



так:



Чтобы понять, успел ли пони за это время обогнать лошадку ещё раз, нужно сравнить «расстояние отставания» тени от пони за время $t_0 = 7$ секунд (то есть заштрихованную площадь S между графиками скоростей пони и тени) — с длиной L одного круга:

$$S = V_{\text{П}} \cdot t_0 - V_{\text{Т}} \cdot \frac{t_0}{2} = (V_{\text{П}} - V_{\text{Л}}) \cdot t_0 = (10 - 3) \cdot 7 = 49(\text{м})$$

Так как $S > L = 48(\text{м})$, то тень за 7 секунд отстала от пони больше, чем на один круг и успела до остановки ещё раз упасть на пони. Это и значит, что пони ещё раз догнал лошадку.

Ответ Б: Да, пони успел догнать лошадку.

3. Незнайкино солнце (А – 3 балла, Б – 4 балла)

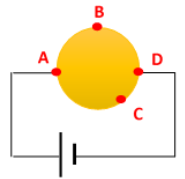
Рассмотрим слои – срезы шарика одинаковой маленькой толщины l . Эти слои идут последовательно, значит, через каждый из них проходит одинаковый ток I . Мощность тепла, выделяющегося в слое

$$P = I^2 R$$

где сопротивление слоя

$$R = p \frac{l}{s}, \quad (p - \text{удельное сопротивление, } s - \text{площадь среза})$$

Площадь s наименьшая в слоях вблизи контактов А и D, поэтому максимальное сопротивление и мощность тепловыделения будет вблизи точек контактов А и D.



Ответ А: вблизи контактов А и D

Увеличим все размеры шарика, включая толщину воображаемых слоёв, на которые можно его разбить (см. пункт А) в 1000 раз.

При этом $l \rightarrow 1000l$; $s \rightarrow 1000^2 s$, поэтому изменение сопротивления каждого слоя

$$R = p \frac{l}{s} \rightarrow p \frac{1000l}{1000^2 s} = \frac{1}{1000} p \frac{l}{s} = \frac{1}{1000} R,$$

то есть сопротивление каждого слоя (и общее сопротивление шара $R_{\text{ш}}$) уменьшается в 1000 раз.

Если бы незайкина батарейка была идеальной, не имела внутреннего сопротивления и поддерживала постоянное напряжение

$$u = \varepsilon \quad (\text{ЭДС батарейки})$$

то общая мощность выделения тепла в шаре

$$P_{\text{ш}} = \varepsilon^2 / R_{\text{ш}}$$

увеличилась бы по сравнению с шариком в 1000 раз. Однако даже в этом случае, так как площадь поверхности шара с которой он отдаёт тепло, возросла бы в $(1000)^2 = 1$ млн раз, общая температура нагрева шара уменьшилась.

Если же ещё учесть, что реальная батарейка имеет внутреннее сопротивление r , то её выходное напряжение

$$u = \varepsilon - Ir = IR_{\text{ш}},$$

откуда

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{\text{ш}} + r}$$

и мощность в шаре

$$P_{\text{ш}} = I^2 R_{\text{ш}} = \frac{\varepsilon^2 R_{\text{ш}}}{(R_{\text{ш}} + r)^2}$$

При уменьшении сопротивления $R_{\text{ш}}$ в 1000 раз, как только станет $R_{\text{ш}} < r$, мощность на шаре перестанет расти и всё большая часть мощности, как при коротком замыкании, начнёт выделяться в самой батарее; эффект «недонагрева» большого шара при этом лишь усилится.

Ответ Б: большой шар будет нагреваться и светиться слабее маленького

4. Огонь, вода и медная труба (А – 3 балла, Б – 3 балла)

За время t_1 сгорает

$$M_1 = m_1 \cdot t_1$$

при этом выделяется тепло

$$Q = q \cdot M_1 = q \cdot m_1 \cdot t_1$$

это тепло наверняка не меньше тепла, затрачиваемого на образование N пузырьков объёма V_1 , так как радиус увеличился в $k=20$ раз, то объём в k^3 раз, то есть $V_1 = 20^3 V_0$

Тогда

$$Q \geq N \cdot L \cdot \rho_{\text{п}} \cdot V_1 = N \cdot k^3 L \cdot \rho_{\text{п}} \cdot V_0$$

или

$$q \cdot m_1 \cdot t_1 \geq N \cdot k^3 L \cdot \rho_{\text{п}} \cdot V_0$$

$$N \leq \frac{q \cdot m_1 \cdot t_1}{k^3 \cdot L \cdot \rho_{\text{п}} \cdot V_0} \approx \frac{1,15 \cdot 10^7 \cdot 4 \cdot 10^{-4} \cdot 1}{20^3 \cdot 2,3 \cdot 10^6 \cdot 0,8 \cdot 10^{-9}} = 312,5$$

Ответ А: 312 пузырьков

Раньше за время $t_2 = 60$ секунд сгорала масса $M = m_1 \cdot t_2$, а стала сгорать M_2 .

Мощность костра возросла в

$$M_2/M = 81/(0,4 \cdot 60) = 81/24 = 27/8 \text{ раза}$$

Так как количество пузырьков не изменилось, и температура и давление в пузырьке не изменились (они все всплывают на поверхности при температуре $T=100^\circ\text{C}$ и атмосферном давлении), то не изменилась и плотность пара, а значит, если масса пара в каждом пузырьке возросла в $27/8 = (3/2)^3$ раза, то объём тоже возрос в $(3/2)^3$ раза, а значит радиус в $3/2 = 1,5$ раза.

Ответ Б: радиус пузырьков возрос в 1,5 раза

5. Два источника (6 баллов)

Обозначим силу тока, текущего через сопротивление $3R$ как x , а силу тока через правый нижний резистор R как y . Тогда из условия, что сила тока, протекающего через нижний источник, равна 4 А получаем $x + y = 4$ А.

Через средний источник протекает ток 1 А. Тогда сила тока через левый верхний резистор равна $x + 1$ А, и сила тока через нижний левый резистор равна $y - 1$ А.

Посчитаем разность потенциалов на двух верхних резисторах, которая равна $3Rx + R(x+1)$. Аналогично напряжение на двух нижних резисторах равно $Ry + R(y - 1)$.

Эти напряжения равны.

$$3Rx + R(x + 1) = Ry + R(y - 1)$$

Откуда после преобразований получаем $4x + 1 = 2y - 1$. Тогда

$$x = 1 \text{ А}, y = 3 \text{ А}.$$

Теперь посчитаем напряжение на источниках тока. Напряжение на нижнем источнике равно напряжению на двух верхних резисторах и равно $3Rx + R(x+1) = 25$ В.

Напряжение на верхнем источнике равно нулю потому что через два левых резистора с одинаковым сопротивлением течет одинаковый ток.

Ответ: на верхнем источнике напряжение 0 В, на нижнем – 25 В.

