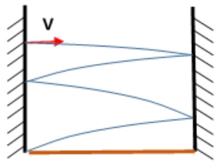
Вступительная работа по *ФИЗИКЕ*. 9 класс. 2021 год

1. Бросок между стенками

Мячик бросили горизонтально со скоростью v = 10 м/с с высоты H = 3,2 м. Сделав три упругих отскока, мяч упал в угол ровно под точкой броска (см. рисунок).



А) Найдите расстояние между стенками.

Б) Предположим, мячик теперь окружили специальным поглощающим материалом так, что при любом отскоке мячик уменьшает свою скорость на 40%. Как изменится время падения мячика на землю (увеличится, уменьшится, не изменится)?

Примечание: при любом отскоке считайте, что угол падения равен углу отражения.

2. Братский мотор

Веня работал «мотором полярной экспедиции» и горизонтально тянул санки с братом: сначала по ледяной дорожке (коэффициент трения μ_1 = 0,08), а затем по снежной целине (коэффициент трения μ_2 = 0,4). Через t = 8 с после старта экспедиции санки остановились.

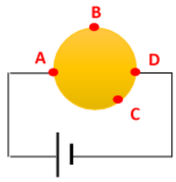
А) Нарисуйте график зависимости скорости санок от времени.

Б) Во сколько раз отличается работа Вени на ледяном и снежном участке экспедиции?

Масса санок с братом равна m = 15 кг, а Веня работал очень надёжным мотором и всегда тянул с постоянной силой F = 18 Н.

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.

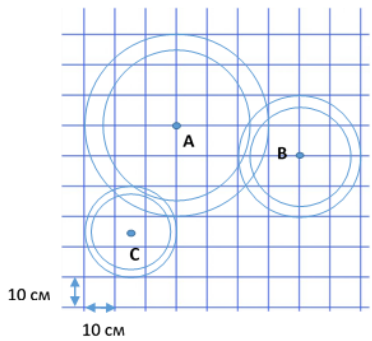


А) Вблизи каких точек (A, B, C или D) шарик нагревается и светится ярче всего? Ответ поясните.

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. Круги на воде

На рисунке с нанесённой размерной сеткой – изображение сделанной из-под воды фотографии волн на поверхности водоёма, оставленных тремя небольшими каплями дождя. Волны на поверхности воды двигаются со скоростью u =10 см/с.

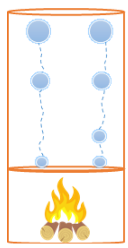


А) На какой высоте над водоёмом находилась каждая из капель, попавших в точки A, B, C за t = 5 с до момента съёмки? Известно, что маленькие капли дождя падали на поверхность с одинаковой скоростью v = 3 м/с.

Б) Как изменились бы значения высот, вычисленные по этой фотографии, если капли воды были бы предгрозовыми, то есть более крупными, и имели в 2 раза больший радиус? Известно, что сила сопротивления воздуха, действующая на каплю, прямо пропорциональна её радиусу и скорости падения.

5. 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 мм^3, 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 $q = 1{,}15\cdot10^7$ Дж/кг, образования пара $L = 2{,}3\cdot10^6$ Дж/кг, плотность пара при атмосферном давлении $\rho_{пара}$ = 0,8 кг/м^3.

Решения вступительной работы по физике. 9 класс. 2021 год

1. *Бросок между стенками (А – 3 балла, Б – 3+1 балла)*

Скорость по горизонтали при упругих ударах меняется по направлению, но не величине, а скорость по вертикали, при не изменяется и зависит от времени по закону

$$V_y = -g \cdot t$$

А высота меняется по закону

$$y = h - \frac{gt^2}{2}$$

Поэтому время падения (когда $y = 0$)

$$t = \sqrt{2h/_g} \cong 0{,}8 \text{ (с)}$$

За это время путь по горизонтали $L = V_x t = 8$ (м) мяч пролетел между стенками 4 раза, поэтому расстояние между стенками

$$l = {}^{L}/_{4} = {}^{8}/_{4} = 2 \text{ (м)}$$

<u>Ответ А:</u> расстояние между стенками 2 м

При каждом неупругом ударе скорость шара уменьшается, а угол не изменяется и, значит, уменьшается скорость по вертикали. Шарик при неупругих ударах о стенки падает медленнее $\Longrightarrow$ время падения возрастает

<u>Ответ Б:</u> время падения мячика на землю возрастёт

2. *Братский мотор (А – 3 балла, Б – 3 балла)*

Сила трения при горизонтальном скольжении санок

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu m g$$

поэтому по 2 закону Ньютона:

$$F - F_{\text{тр}} = ma \Longrightarrow a = \frac{F - \mu m g}{m} = \frac{F}{m} - \mu g$$

На ледяном участке: $a = \frac{F}{m} - \mu_1 g = \frac{18}{15} - 0.08 \cdot 10 = 0{,}4 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}^2}\right)$

На снежном участке: $a = \frac{F}{m} - \mu_2 g = \frac{18}{15} - 0.4 \cdot 10 = -2{,}8 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}^2}\right)$

Пусть санки ехали по льду время t_1 и набрали скорость

$$V = a_1 t_1$$

а затем время $t - t_1$ тормозили до остановки.

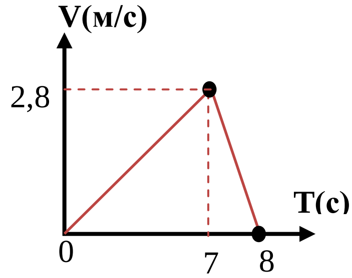
$$V + a_2(t - t_1) = 0 \Leftrightarrow a_1 t_1 = V = -a_2(t - t_1)$$

$$\Rightarrow t1 = (-a_2\, t)/(a_1 - a_2) = (7/8)t = 7 \text{ (с)}$$

и набранная скорость

$$V = a_1 t_1 = 0{,}4 \cdot 7 = 2{,}8 \text{ (м/с)}$$

Таким образом, график скорости будет выглядеть как →:



Ответ А: см. рисунок

Работа, совершённая «мотором Веней» будет

$$A = Fl$$

Пути l_1 и l_2, пройденные по льду и по снегу, равны площадям под графиком V(t) от 0 до 7 секунд и от 7 до 8 секунд соответственно (см. рисунок). Площади соответствующих треугольников отличаются в 7 раз. Поэтому

$$A_1/_{A_2} = {}^{Fl_1}/_{Fl_2} = {}^{l_1}/_{l_2} = 7.$$

<u>Ответ Б:</u> на льду работа Вени больше в 7 раз.

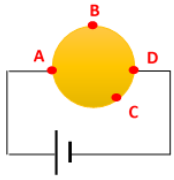
3. Незнайкино солнце (А – 3 балла, Б – 3 балла)

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

$$P = I^2R$$

где сопротивление слоя

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



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

<u>Ответ А:</u> вблизи контактов A и D

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

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

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

то есть сопротивление каждого слоя (и общее сопротивление шара Rш) уменьшается в 1000 раз.

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

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

то общая мощность выделения тепла в шаре

$$P_ш = {}^{\varepsilon^2}/_{R_ш}$$

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

$$u = \varepsilon - Ir = IR_ш$$

откуда

$$I = \frac{\varepsilon}{R_ш + r}$$

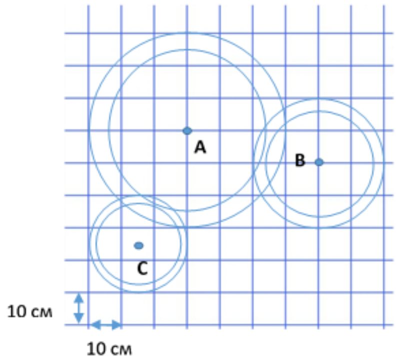
и мощность в шаре

$$P_ш = I^2R_ш = \frac{\varepsilon^2R_ш}{(R_ш + r)^2}$$

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

<u>Ответ Б:</u> большой шар будет нагреваться и светиться слабее маленького

4. *Круги на воде (А – 3 балла, Б – 3 балла)*



Из рисунка видно, что радиусы внешних границ кругов от капель равны

$$RA \simeq 30\text{ см},\qquad RB \simeq 20\text{ см},\qquad RC \simeq 15\text{ см}$$

то есть капли упали за время

$$t_A = \frac{R_A}{u} = 3c\,,\ t_B = \frac{R_B}{u} = 2c,\qquad t_C = \frac{R_C}{u} = 1{,}5c$$

до снимка.

Так как капли дождя падают с большой высоты, возле земли они движутся с установившейся скоростью, когда их сила тяжести уравновешена силой сопротивления.

Значит, от начального момента t:

капля А за время $t - t_A$ пролетела расстояние: $h_A = V(t - t_A) = 6(\text{м})$

капля В за время $t - t_B$ пролетела расстояние: : $h_B = V(t - t_B) = 3(5-2) = 9(\text{м})$

капля С за время $t - t_C$ пролетела расстояние: : $h_C = V(t - t_C) = 3(5 - 1{,}5) = 10{,}5(\text{м})$.

Ответ А: $h_A = 6(\text{м}),\ h_B = 9(\text{м}),\ h_C = 10{,}5(\text{м})$.

Условие установившейся скорости:

$$F_{\text{сопр}} = F_{\text{тяж}} \text{ или } bV = mg$$

откуда

$$V = mg/b \ (b - \text{ коэффициент сопротивления для капли})$$

Если радиус капли увеличить в 2 раза, то, по условию, её коэффициент сопротивления увеличится в 2 раза; объём же, а потому и масса капли возрастёт в 8 раз (так как плотность воды не меняется). Итак, станет:

$$2bV_2 = 8mg \Rightarrow V_2 = 8mg/2b = 4V$$

Скорость капли возросла в 4 раза, поэтому и высоты падения капель увеличатся в 4 раза.

Ответ Б: $h_A = 24(\text{м}),\ h_B = 36(\text{м}),\ h_C = 42(\text{м})$.

Примечание: идея задачи связана с одной из космологических гипотез, согласно которой небольшие кольцеобразные неоднородности в распределении реликтового излучения в нашей Вселенной связаны с «кругами на воде», оставленными гравитационными волнами, пришедшими от масштабных событий — например, столкновений черных дыр — произошедших в предшествующей Вселенной (*эоне*). Тогда «поверхность водоёма» - это граница между зонами-вселенными, и мы видим в нашей Вселенной расходящиеся круги от событий, произошедших в другой Вселенной «до начала времён».

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

За время t_1 сгорает

$$M_1 = \mathrm{m}_1 \cdot \mathrm{t}_1$$

при этом выделяется тепло

$$Q = q \cdot M_1 = q \cdot \mathrm{m}_1 \cdot \mathrm{t}_1$$

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 $V_1 = 20^3 \mathrm{V}_0$

Тогда

$$Q \geq N \cdot L \cdot \rho_\text{п} \cdot V_1 = N \cdot k^3\, L \cdot \rho_\text{п} \cdot \mathrm{V}_0$$

или

$$q \cdot m_1 \cdot t_1 \geq N \cdot k^3 L \cdot \rho_п \cdot V_0$$

$$N \leq \frac{q \cdot m_1 \cdot t_1}{k^3 \cdot L \cdot \rho_п \cdot V_0} \approx \frac{1{,}15 \cdot 10^7 \cdot 4 \cdot 10^{-4} \cdot 1}{20^3 \cdot 2{,}3 \cdot 10^6 \cdot 0{,}8 \cdot 10^{-9}} = 312.5$$

<u>Ответ А:</u> 312 пузырьков

Раньше за время $\cdot\, t_2 = 60$ 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°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.

<u>Ответ Б:</u> радиус пузырьков возрос в 1,5 раза