

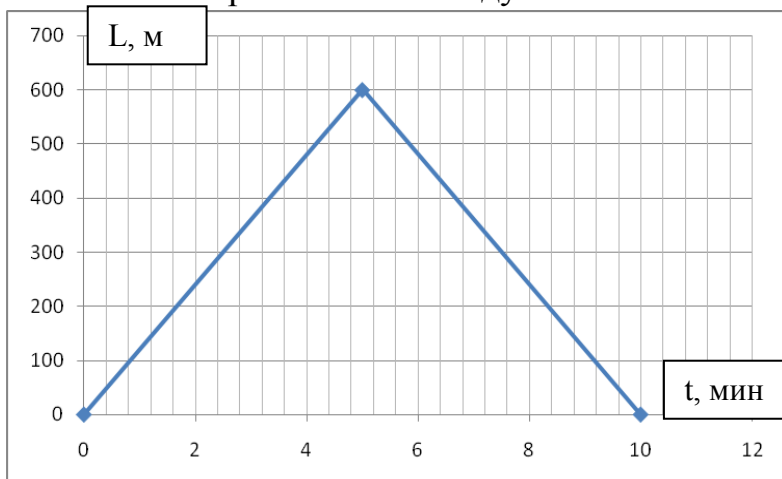
Уральский федеральный университет
Специализированный учебно-научный центр

Экзамен по физике

для поступающих в 9 физико-математический класс

РАЗБОР ЗАДАНИЙ

1. На уроке физкультуры Петя и Маша побежали по прямой дорожке, одновременно стартовав от школы, причём Петя бежал со скоростью 3 м/с, а Маша – со скоростью 1 м/с. Через время $\Delta t = 5$ минут ребята одновременно повернули обратно, сохранив неизменной скорость бега. ► На каком расстоянии от школы находились Маша и Петя в момент разворота? ► Через какое время после старта ребята вернуться к школе? ► Построить графики зависимости расстояния между Петей и Машей от времени.



РЕШЕНИЕ:

Через 5 минут Петя пробежит $3 \cdot 5 \cdot 60 = 900$ м, а Маша $1 \cdot 5 \cdot 60 = 300$ м. К школе они вернуться через 10 минут. График зависимости расстояния между Петей и Машей представлен на рисунке.

2. С помощью двух нитей и блока грузы массами 200 и 300 грамм прикреплены к вертикальной стенке. Затем одну нить аккуратно разрезали, и концы

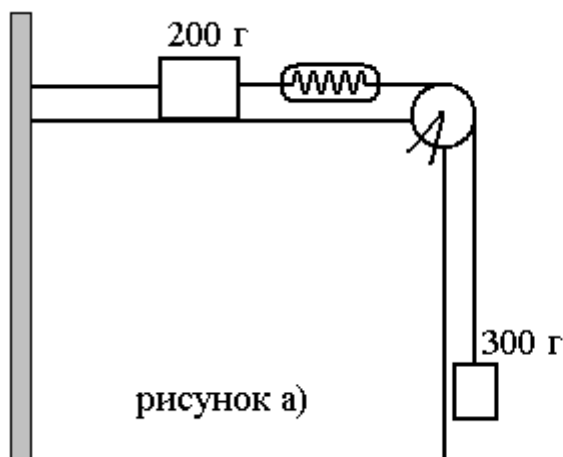


рисунок а)

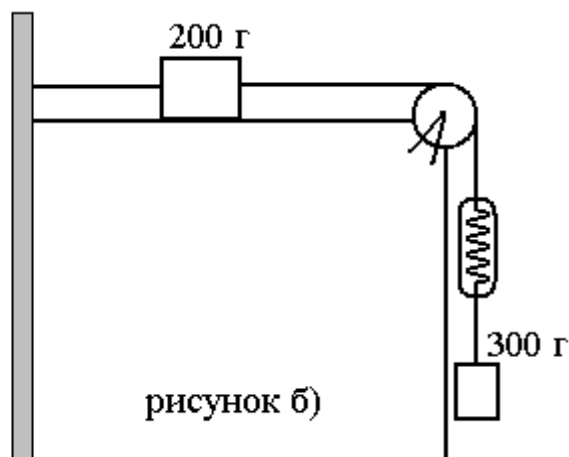


рисунок б)

прикрепили к динамометру. ► Каковы показания динамометра в случае а)? ► Каковы будут показания динамометра, если его прикрепить в вертикальный участок нити (рисунок б))? ► Изобразите и найдите все силы, действующие на тела.

РЕШЕНИЕ:

В обоих случаях показания динамометра одинаковы и равны 3 Н (сила натяжения этой нити равна силе тяжести, действующей на груз 300 г).

3. Если мелкие шарики, свинцовые дробинки, песок, насыпать в какой-либо сосуд, то они расположатся так, что между ними останутся пустоты. ► Как, имея в своём распоряжении две мензурки (сосуды цилиндрической формы с делениями), песок и воду определить отношение объёма, занимаемого песчинками, к их собственному объёму (без пустот).

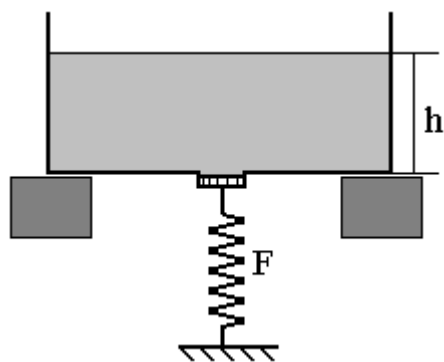
РЕШЕНИЕ:

Объём песка с пустотами можно узнать, просто насыпав его в мензурку и измерив объём содержимого.

Лучше всего налить в мензурку воду, измерить её объём, затем насыпать песок или дробь (вода должна полностью поглотить насыпанное), измерить, как изменился объём содержимого мензурки. Объём воды V_1 измерили ранее, объём песка вы узнаете, вычтя из второго объёма первый объём.

Все нужные значения теперь у вас есть.

4. У дна сосуда с высокими стенками имеется пружинный лёгкий клапан площадью S . Пружина, прикреплённая снизу, прижимает клапан ко дну сосуда



с силой F . Вы медленно наливаете воду в этот сосуд. Предположим, что Вы налили в сосуд воду, высота которой равна h . ► Чему равно давление на стенки сосуда? ► Чему равно давление на дно сосуда? ► С какой силой вода давит на клапан? ► При каком условии клапан откроется, и вода начнёт выливаться через него? ► До какой высоты H от дна сосуда можно наливать в сосуд воду, чтобы она не вытекала

через клапан? Плотность воды ρ .

РЕШЕНИЕ:

Давление сразу под поверхностью воды равно 0 (точка А), давление около дна (точка В) равно ρgh , таким образом, давление на стенку различно, вблизи дна

больше, у поверхности воды – меньше, среднее давление на стенку равно $\frac{\rho gh}{2}$.

Давление на дно сосуда равно ρgh .

Сила давления на клапан равна ρghS .

Вода начнёт выливаться из отверстия, если сила давления на клапан станет больше силы F , с которой клапан прижимается ко дну пружиной $\rho ghS \geq F$.

Следовательно, чтобы вода не вытекала из сосуда, надо её наливать до уровня,

меньшего $H = \frac{F}{\rho g S}$.

5. В ртутном термометре Фаренгейта температуре таяния льда соответствует не 0°C , как по шкале Цельсия, а 32°F , температуре кипения воды (по шкале Цельсия 100°C) соответствует 212°F . ► Какова нормальная температура $36,6^{\circ}\text{C}$ человеческого тела в $^{\circ}\text{F}$?

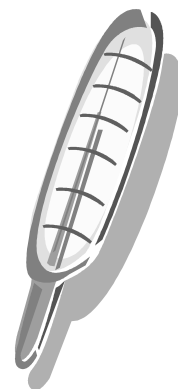
РЕШЕНИЕ:

Изменению температуры 1°C по шкале Фаренгейта соответствует изменение температуры

$$\frac{212 - 32}{100}.$$

Следовательно, температуре $36,6^{\circ}\text{C}$ по шкале Фаренгейта соответствует температура

$$\frac{212 - 32}{100} \cdot 36,6 + 32 = 98^{\circ}\text{F}.$$



6. Царь приказал Архимеду отмерить столько золота, сколько весит слон. Таким больших весов нигде не оказалось. В распоряжении Архимеда был плот и бассейн. ► Как Архимед решил задачу? Известно, что после проведения эксперимента слон остался жив.

РЕШЕНИЕ:

Надо сделать большой плот, поместить его в бассейн с водой, отметить уровень погружения плота, затем завести на плот слона, отметить новый уровень погружения, увести слона с плота, нагрузить на плот столько золота, чтобы глубина его погружения была такой же, как со слонем.

7. Кусок льда массы $m_{\text{л}} = 700$ грамм поместили в калориметр с водой. Масса воды $m_{\text{в}} = 2,5$ кг, её начальная температура $t_0 = 5^{\circ}\text{C}$. Когда установилось тепловое равновесие, оказалось, что масса льда увеличилась на $\Delta m = 64$ грамма. ► Чему равна конечная температура содержимого калориметра? ► Что находится в нём? ► Почему масса льда увеличилась? ► Определите начальную

температуру льда. Удельная теплоёмкость воды $c_{\text{в}} = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$, удельная

теплоёмкость льда $c_{\text{л}} = 2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$, удельная теплота плавления льда $r = 3,4 \cdot$

$10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$. Теплоёмкостью калориметра пренебречь.

РЕШЕНИЕ:

Т.к. замерзла не вся вода (только 64 г из 2500 г), но масса льда увеличилась, то можно утверждать, что:

- В калориметре находится смесь льда и воды.
- Температура этой смеси равна 0.

- Масса льда увеличилась, т.к. температура начальной массы льда не была равна 0. Найдем эту температуру. Для этого учтем, что:
- Начальная масса льда нагрелась до 0°C за счет охлаждения всей воды до 0°C и дальнейшей кристаллизации 64 г воды.

Запишем уравнение теплового баланса:

$$c_{\text{л}} m_{\text{л}} \cdot \Delta t_{\text{л}} = c_{\text{в}} m_{\text{в}} \cdot \Delta t_{\text{в}} + \Delta m \lambda;$$

$$\Delta t_{\text{л}} = (c_{\text{в}} m_{\text{в}} \cdot \Delta t_{\text{в}} + \Delta m \lambda) / c_{\text{л}} m_{\text{л}}$$

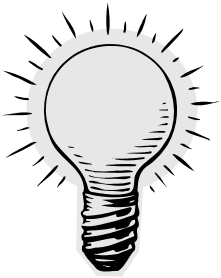
$$\Delta t_{\text{л}} = (2,5 \cdot 4200 \cdot 5 + 0,064 \cdot 340000) / (2100 \cdot 0,7)$$

$$\Delta t_{\text{л}} = (52500 + 21760) / 1470 \approx 50,5^{\circ}\text{C}$$

Значит, начальная температура льда составляла $-50,5^{\circ}\text{C}$

8. Электрическую лампу мощностью $N = 60$ Вт опустили в прозрачный калориметр, содержащий воду массой $m = 600$ г. За 5 минут вода нагрелась на $\Delta t = 4^{\circ}\text{C}$. ► Какое количество тепла было выделено лампой за это время?

► Сколько тепла было затрачено на нагревание воды? ► Каков коэффициент полезного действия этой «нагревательной установки»? ► Что нужно сделать, чтобы повысить коэффициент полезного действия? ► За какое время вода полностью испарится? Удельная



теплоёмкость воды $c_{\text{в}} = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$, удельная теплота

парообразования воды $L = 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$. Теплоёмкостью

калориметра пренебречь.

РЕШЕНИЕ:

За время $\tau = 5$ минут лампа выделит количество теплоты, равное

$$Q_{\text{лам}} = N \cdot \tau;$$

$$Q_{\text{лам}} = 18000 \text{ Дж.}$$

На нагревание воды было затрачено

$$Q_{\text{нагрев}} = cm\Delta t;$$

$$Q_{\text{нагрев}} = 1,08 \cdot 10^4 \text{ Дж.}$$

Коэффициент полезного действия установки равен

$$\eta = \frac{Q_{\text{нагрев}}}{Q_{\text{лам}}};$$

$$\eta = 0,06;$$

$$\eta = 6\%.$$

Для нагревания воды до температуры кипения (100°C) и полного испарения надо затратить количество теплоты

$$Q = cm \cdot \Delta t_{100} + mL;$$

$$Q = 1,63 \cdot 10^6 \text{ Дж.}$$

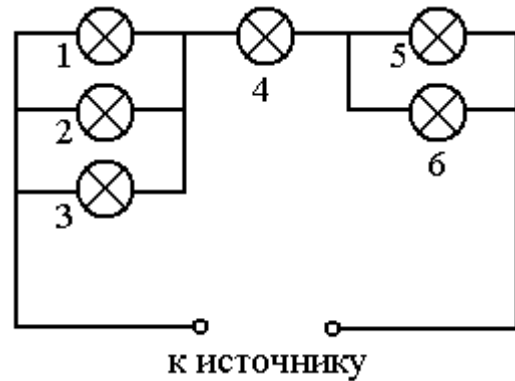
Время, которое необходимо для этого, равно

$$T = \frac{Q}{N};$$

$$T = 27167 \text{ с} = 453 \text{ мин} = 7,55 \text{ час.}$$

9. Шесть одинаковых лампочек включены в цепь по схеме, изображённой на рисунке.

►Какая из них горит ярче всего? ►Какая слабее? ►Почему? Примечание: яркость свечения лампочки определяется величиной тока, протекающего через неё.



РЕШЕНИЕ:

Полное сопротивление цепи равно

$$R = \frac{R_0}{3} + R_0 + \frac{R_0}{2} = \frac{11}{6} R_0,$$

Где R_0 - сопротивление одной лампочки.

Если напряжение источника равно U_0 , то сила тока в подводящих проводах равна

$$I = \frac{U_0}{R} = \frac{6U_0}{11R_0}.$$

Тогда сила тока через четвертую лампочку равна

$$I_4 = I = \frac{6U_0}{11R_0}.$$

Токи через 1, 2 и 3 – ю лампочки одинаковы и равны

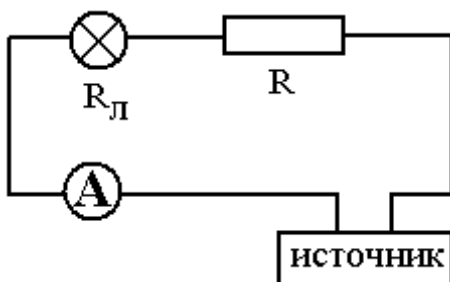
$$I_1 = I_2 = I_3 = \frac{I}{3} = \frac{2U_0}{11R_0}.$$

Токи через пятую и шестую лампочки также одинаковы и равны

$$I_5 = I_6 = \frac{I}{2} = \frac{3U_0}{11R_0}.$$

Таким образом, ярче всего горит четвертая лампочка, далее пятая и шестая, слабее всего горит первая, вторая и третья лампочки.

10. Электрическая лампа и сопротивление соединены последовательно и подключены к источнику напряжения. Амперметр, включённый в цепь,



показывает $I = 2 \text{ А}$. Мощность, выделяемая на лампе $N_{\text{л}} = 60 \text{ Вт}$, на сопротивлении $N_{\text{R}} = 140 \text{ Вт}$. Определить: ►сопротивление лампы $R_{\text{л}}$; ►сопротивление R ; ►напряжение на источнике U .

РЕШЕНИЕ:

Т.к сопротивление и лампочка соединены

последовательно, сила тока на них одинакова. Мощность лампы связана с ее сопротивлением по формуле:

$$N_{\text{л}} = I^2 R_{\text{л}}$$

$$60 = 4R_{\text{л}}$$

$$R_{\text{л}} = 15 \text{ Ом}$$

Аналогично найдем численное значение сопротивления.

$$N_{\text{R}} = I^2 R$$

$$140 = 4R$$

$$R = 35 \text{ Ом}$$

Теперь легко найти напряжение на источнике. Т.к сопротивление и лампочка соединены последовательно, напряжение на них складывается и равно напряжению на источнике.

$$U_{\text{ист}} = U_{\text{л}} + U_{\text{R}}$$

$$U_{\text{ист}} = 30 + 70 = 100 \text{ В}$$