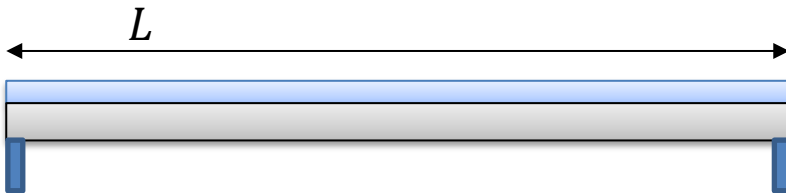


Межрегиональная предметная олимпиада КФУ
по предмету «Физика»
заключительный этап (решения)
2019-2020 учебный год
8 класс

Задача 8.1

Гладкая доска массы m и длины L неподвижна и опирается своими концами на два небольших пенька. На доске во всю длину лежит гладкая полоса из резины массы M и длины L . Полосу начинают медленно (так, чтобы растяжением полосы можно было пренебречь) вытягивать в одну из сторон со скоростью v . Нарисуйте график зависимости силы давления на каждый из пеньков от времени. (15 баллов)

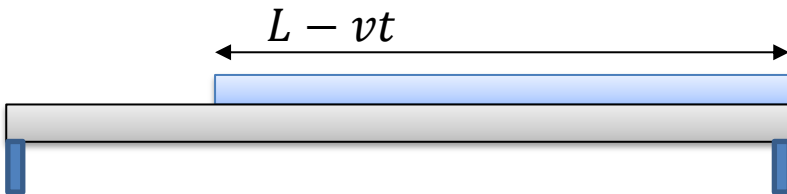
Возможное решение.



Из баланса сил следует, что сила давления в начальном состоянии будет:

$$N_{\text{л}} = N_{\text{п}} = \frac{M + m}{2} g$$

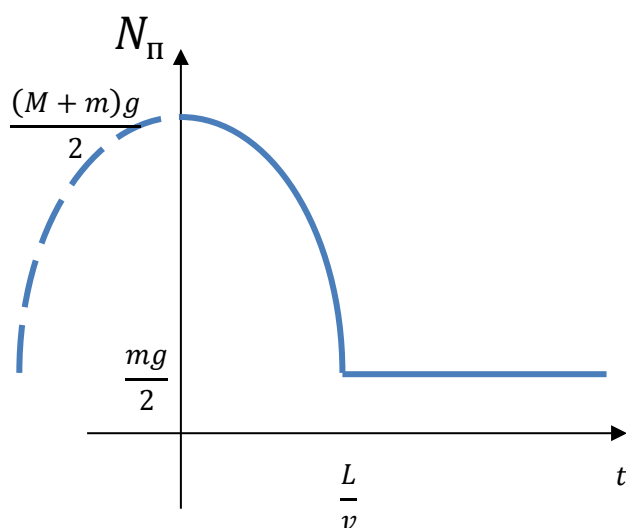
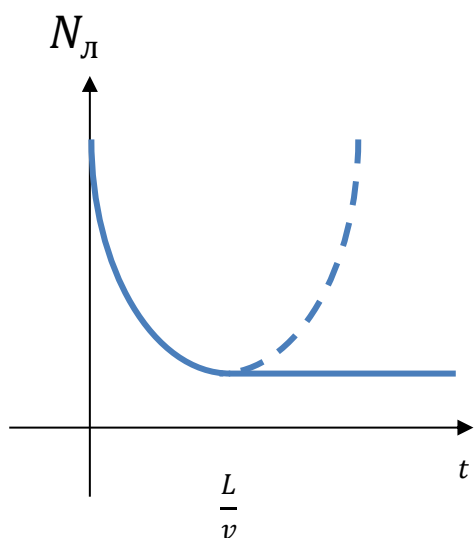
Через время t полоса резины уйдет на расстояние vt .



Выбирая в качестве точки опоры поочередно левый и правый пеньки, получаем выражения для сил давления:

$$N_{\text{л}} = \frac{mg}{2} + \frac{Mg}{2L^2} (L - vt)^2$$
$$N_{\text{п}} = \frac{mg}{2} + \frac{Mg}{2L^2} (L^2 - (vt)^2)$$

В результате получаем два графика. На них необходимо указать пределы изменений и отметить момент, когда резина соскальзывает с доски.



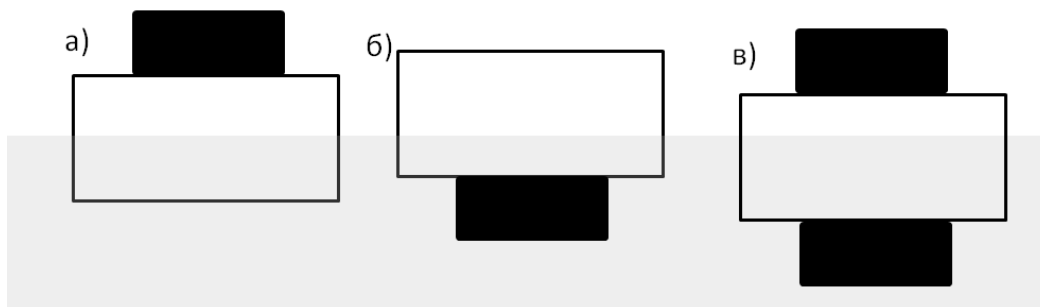
Критерии оценивания.

| | |
|---|---|
| Записаны уравнения моментов для сил давления на левый и правый пенек. | 3 |
| Записаны выражения для сил давления на левый и правый пенек. | 4 |
| Правильно построены графики для обоих пеньков. | 6 |
| Отмечены все детали, такие как пределы изменений и момент сползания резины с доски. | 2 |

Задача 8.2

Миша выполняет лабораторную работу на закон Архимеда. Ему нужно определить плотность брусков (параллелепипедов), опуская их в воду. У него есть два маленьких абсолютно одинаковых бруска из плотного материала и один большего размера из менее плотного. Миша случайно пролил быстросохнущий клей на большой брусок, и, не заметив этого, положил на него маленький. В результате этого бруски оказались прочно скреплены. Не растерявшись, он

провел три измерения глубины погружения большого бруска, схематически изображенные на рисунке. В случае а) он погрузился на 1/2, в случае б) на 1/3, а в случае в) на 2/3. После этого время на измерения закончилось. Сможет ли Миша из полученных данных рассчитать плотность брусков, зная плотность воды $\rho_в$? Если да, то какова их плотность? (15 баллов)



Возможное решение:

Запишем баланс сил для каждого случая

$$\begin{cases} \frac{1}{2}V_1\rho_вg = g(V_1\rho_1 + V_2\rho_2), \\ \left(\frac{1}{3}V_1\rho_в + V_2\rho_в\right)g = g(V_1\rho_1 + V_2\rho_2), \\ \left(\frac{2}{3}V_1\rho_в + V_2\rho_в\right)g = g(V_1\rho_1 + 2V_2\rho_2), \end{cases}$$

где V_1, ρ_1, V_2, ρ_2 объемы и плотности большого и маленького бруска соответственно. Разделив каждое уравнение системы на V_2 , решаем ее и находим: $V_2/V_1=1/6, \rho_1 = \rho_в/6, \rho_2 = 2\rho_в$.

Критерии оценивания:

| | |
|--|---|
| Перечислены все силы, действующие на бруски в разных случаях (засчитывается автоматически, если правильно выполнен следующий пункт). | 2 |
| Записана сила Архимеда и сила тяжести для каждого случая. | 5 |
| Составлена система уравнений с 2 или 3 неизвестными. | 4 |
| Система решена и получен верный ответ. | 4 |

Задача 8.3

Полярники решили приготовить суп на 5 человек в расчете 1 л на человека. Для этого им нужно собрать снег, довести образовавшуюся воду до кипения и готовить 20 мин. При этом при кипении происходят потери воды в виде пара $U=30$ г/мин. Для готовки супа используется газовая плита с КПД 90%, удельная теплота сгорания газа $q = 43.7$ МДж/кг. (пропан/бутан). Сколько снега нужно собрать полярникам, если у них есть запас чистой воды 3л при температуре 20°C. Плотность ледникового снега 0,5 г/см³ (7 баллов)

Возможное решение:

Дано:

$n = 5$
 $V = 1 \text{ л} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$
 $t = 20 \text{ мин} = 1200 \text{ с}$

Масса воды необходимая для приготовления супа:

$$m_c = Vn\rho_в \quad (1)$$

$$U = 30 \frac{\text{Г}}{\text{МИН}} = 5 \cdot 10^{-4} \frac{\text{КГ}}{\text{С}}$$

$$V_{\text{В}} = 3 \text{ л} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$\rho_{\text{В}} = 1000 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}$$

$$\rho_{\text{Л}} = 0,5 \frac{\text{Г}}{\text{СМ}^3} = 1000 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}$$

$V_{\text{Л}} = ?$ ИЛИ $m_{\text{Л}} = ?$

Масса пара, выделившаяся при кипении:

$$m_{\text{П}} = Ut \quad (2)$$

Масса запаса воды:

$$m_{\text{В}} = V_{\text{В}} \rho_{\text{В}} \quad (3)$$

Масса снега, которую необходимо взять полярникам:

$$m_{\text{Л}} = m_{\text{С}} + m_{\text{П}} - m_{\text{В}} \quad (4)$$

Подставим (1), (2), (3) в (4):

$$m_{\text{Л}} = Vn\rho_{\text{В}} + Ut - V_{\text{В}}\rho_{\text{В}} \quad (5)$$

Найдем массу снега:

$$m_{\text{Л}} = 2,6 \text{ кг}$$

Найдем объем снега:

$$V_{\text{Л}} = \frac{m_{\text{Л}}}{\rho_{\text{Л}}} \quad (6)$$

Подставим (5) в (6):

$$V_{\text{Л}} = \frac{Vn\rho_{\text{В}} + Ut - V_{\text{В}}\rho_{\text{В}}}{\rho_{\text{Л}}} \quad (7)$$

Найдём объем снега:

$$V_{\text{Л}} = 5,2 \text{ л}$$

Критерии оценивания:

| | |
|---|---|
| Найдена масса воды, необходимая для приготовления супа. | 1 |
| Найдена масса пара, выделившаяся при кипении. | 1 |
| Найдена масса запаса воды. | 1 |
| Составлено уравнение (5), ИЛИ (7), ИЛИ аналог. | 3 |
| Найдена масса ИЛИ объем снега. | 1 |

Задача 8.4

Используя условия задачи 3, рассчитайте сколько газа необходимо для готовки супа, если температура в помещении 20°С , а снаружи -20°С ? Теплоемкость воды $c_{\text{В}} = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, теплоемкость льда $c_{\text{Л}} = 2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, теплота плавления льда $\lambda = 330 \text{ кДж/кг}$, теплота парообразования воды $L = 2.26 \text{ МДж/кг}$. (13 баллов)

Возможное решение:

Дано:

$$n = 5$$

$$V = 1 \text{ л} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$t = 20 \text{ мин} = 1200 \text{ с}$$

$$U = 30 \frac{\text{Г}}{\text{МИН}} = 5 \cdot 10^{-4} \frac{\text{КГ}}{\text{С}}$$

$$V_{\text{в}} = 3 \text{ л} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$\rho_{\text{в}} = 1000 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}$$

$$\rho_{\text{л}} = 0,5 \frac{\text{Г}}{\text{СМ}^3} = 1000 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}$$

$$\eta = 90 \%$$

$$q = 43,7 \frac{\text{МДЖ}}{\text{КГ}} = 43,7 \cdot 10^6 \frac{\text{ДЖ}}{\text{КГ}}$$

$$t^{\circ}_0 = -20^{\circ}\text{С}$$

$$t^{\circ}_2 = 20^{\circ}\text{С}$$

$$t^{\circ}_1 = 0^{\circ}\text{С}$$

$$t^{\circ}_3 = 100^{\circ}\text{С}$$

$$c_{\text{в}} = 4200 \frac{\text{ДЖ}}{\text{КГ} \cdot ^{\circ}\text{С}}$$

$$c_{\text{л}} = 2100 \frac{\text{ДЖ}}{\text{КГ} \cdot ^{\circ}\text{С}}$$

$$\lambda = 330 \frac{\text{КДЖ}}{\text{КГ}} = 330 \cdot 10^3 \frac{\text{ДЖ}}{\text{КГ}}$$

$$L = 2,26 \frac{\text{МДЖ}}{\text{КГ}} = 2,26 \cdot 10^6 \frac{\text{ДЖ}}{\text{КГ}}$$

$$m_{\text{т}} = ?$$

КПД газовой плиты:

$$\eta = \frac{Q_{\text{п}}}{Q_{\text{з}}} \cdot 100\% \quad (1)$$

Полезное количество теплоты:

$$Q_{\text{п}} = Q_{\text{л}} + Q_{\text{в}} + Q_{\text{пар}} \quad (2)$$

Количество теплоты, затраченное на снег:

$$Q_{\text{л}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (3)$$

Масса снега, которую необходимо взять полярникам:

$$m_{\text{л}} = Vn\rho_{\text{в}} + Ut - V_{\text{в}}\rho_{\text{в}} \quad (4)$$

Количество теплоты, необходимое для нагрева снега до температуры плавления:

$$Q_1 = c_{\text{л}}m_{\text{л}}(t^{\circ}_1 - t^{\circ}_0) \quad (5)$$

Количество теплоты, необходимое для плавления снега:

$$Q_2 = m_{\text{л}}\lambda \quad (6)$$

Количество теплоты, необходимое для нагрева воды, получившуюся из снега, до температуры кипения:

$$Q_3 = c_{\text{в}}m_{\text{л}}(t^{\circ}_3 - t^{\circ}_1) \quad (7)$$

Подставим (5), (6), (7) в (3):

$$Q_{\text{л}} = c_{\text{л}}m_{\text{л}}(t^{\circ}_1 - t^{\circ}_0) + m_{\text{л}}\lambda + c_{\text{в}}m_{\text{л}}(t^{\circ}_3 - t^{\circ}_1) \quad (7)$$

$$Q_{\text{л}} = m_{\text{л}}(c_{\text{л}}(t^{\circ}_1 - t^{\circ}_0) + \lambda + c_{\text{в}}(t^{\circ}_3 - t^{\circ}_1)) \quad (8)$$

Подставим (4) в (8):

$$Q_{\text{л}} = (Vn\rho_{\text{в}} + Ut - V_{\text{в}}\rho_{\text{в}}) \cdot (c_{\text{л}}(t^{\circ}_1 - t^{\circ}_0) + \lambda + c_{\text{в}}(t^{\circ}_3 - t^{\circ}_1)) \quad (9)$$

Количество теплоты, необходимое для нагрева запаса воды до температуры плавления:

$$Q_{\text{в}} = c_{\text{в}}m_{\text{в}}(t^{\circ}_1 - t^{\circ}_0) \quad (10)$$

Масса запаса воды:

$$m_B = V_B \rho_B \quad (11)$$

Подставим (11) в (10):

$$Q_B = c_B V_B \rho_B (t_1^\circ - t_0^\circ) \quad (12)$$

Количество теплоты, необходимое для превращения воды в пар:

$$Q_{\text{пар}} = m_{\text{п}} L \quad (13)$$

Масса пара, выделившаяся при кипении:

$$m_{\text{п}} = Ut \quad (14)$$

Подставим (14) в (13):

$$Q_{\text{пар}} = UtL \quad (15)$$

Подставим (9), (12), (15) в (2):

$$Q_{\text{п}} = (Vn\rho_B + Ut - V_B\rho_B) \cdot (c_{\text{л}}(t_1^\circ - t_0^\circ) + \lambda + c_{\text{в}}(t_3^\circ - t_1^\circ)) + c_B V_B \rho_B (t_1^\circ - t_0^\circ) + UtL \quad (16)$$

Количество теплоты, выделившееся при сгорании газа:

$$Q_3 = m_{\text{т}} q \quad (17)$$

Подставим (16), (17) в (1):

$$\eta = \frac{(Vn\rho_B + Ut - V_B\rho_B) \cdot (c_{\text{л}}(t_1^\circ - t_0^\circ) + \lambda + c_{\text{в}}(t_3^\circ - t_1^\circ)) + c_B V_B \rho_B (t_1^\circ - t_0^\circ) + UtL}{m_{\text{т}} q} \cdot 100\% \quad (18)$$

Уравнение для нахождения массы топлива:

$$m_{\text{т}} = \frac{(Vn\rho_B + Ut - V_B\rho_B) \cdot (c_{\text{л}}(t_1^\circ - t_0^\circ) + \lambda + c_{\text{в}}(t_3^\circ - t_1^\circ)) + c_B V_B \rho_B (t_1^\circ - t_0^\circ) + UtL}{\eta q} \cdot 100\% \quad (19)$$

Масса топлива:

$$m_{\text{т}} \approx 0,112 \text{ кг}$$

Критерии оценивания

| | |
|---|---|
| Записано уравнение КПД. | 1 |
| Найдено количество теплоты, затраченное на снег. | 1 |
| Найдено количество теплоты, затраченное на запас воды. | 1 |
| Найдено количество теплоты, необходимое для превращения воды в пар. | 1 |
| Найдено полезное количество теплоты. | 1 |
| Найдено затраченное количество теплоты. | 1 |
| Записано уравнение для нахождения массы топлива. | 5 |
| Найдена масса топлива. | 2 |