9 класс

9.1. (*10 баллов*) Автомобиль начинает двигаться с места с постоянным ускорением а = 1,0 м/с^2. Мимо светофора он проезжает со скоростью V = 36 км/ч. На каком расстоянии от светофора он находился τ = 2 с назад?

Ответ: 18 м.

Решение: Автомобиль двигается равноускорено без начальной скорости и до светофора проходит путь $S_2 = \frac{at^2}{2}$. Две секунды назад он прошел путь $S_1 = \frac{a(t-\tau)^2}{2}$. Следовательно, ℓ = S_2 –S_1. Получили три уравнения и четыре неизвестных. Время t можно выразить из закона скорости равноускоренного движения V = at. Решая систему четырех уравнений, получаем выражение расстояния ℓ через данные задачи:

$$l = S_2 - S_1 = \frac{a}{2}[t^2 - (t-\tau)^2] = \frac{a}{2}\left[\left(\frac{V}{a}\right)^2 - \left(\frac{V}{a}\right)^2 + \frac{2V\tau}{a} - \tau^2\right] = \frac{a\tau}{2}\left(\frac{2V}{a} - \tau\right)$$

Подставим числовые значения и получим:

$$l = \frac{1 \cdot 2}{2}\left(\frac{2 \cdot 10}{1} - 2\right) = 18 \text{ м.}$$

9.2. (*10 баллов*) В цилиндрический сосуд налиты вода и керосин в равных по массе количествах. Общая высота слоев жидкостей Н = 36 см. Найдите давление жидкостей на дно сосуда и на границе раздела. Плотность воды $\rho_в$ = 1,0 г/см^3, плотность керосина $\rho_к$ = 0,080 г/см^3.

Ответ: $P_{дн}$ = 3,2 кПа, $P_{гр}$ = 1,6 кПа.

Решение: Давление жидкости, состоящей из нескольких несмешивающихся компонентов (вода-керосин в нашем случае), на глубине $H = h_в + h_к$

$$P_{дн} = \rho_в g h_в + \rho_к g h_к.$$

Так как масса воды равна массе керосина, можно записать:

$$\rho_в g h_в S = \rho_к g h_к S.$$

где S – площадь основания цилиндрического сосуда.

Отсюда получаем:

$$\rho_в h_в = \rho_к h_к.$$

Из данных выражений получаем:

$$P_{дн} = 2\rho_в g h_в.$$

Тогда $h_к = \frac{\rho_в h_в}{\rho_к}$, подставим в Н:

$$H = h_в\left(1 + \frac{\rho_в}{\rho_к}\right).$$

Выразим: $h_{\text{в}} = \frac{H\rho_{\text{к}}}{\rho_{\text{к}}+\rho_{\text{в}}}$.

Проведем подстановку и получим:

$$P_{\text{дн}} = \frac{2\rho_{\text{в}}h_{\text{в}}gH}{\rho_{\text{к}}+\rho_{\text{в}}}.$$

Подставим числовые значения:

$$P_{\text{дн}} = \frac{2\cdot 10^3\cdot 800\cdot 10\cdot 0{,}36}{10^3(1+0{,}8)} = 3{,}2\ \text{кПа}.$$

$$P_{\text{гр}} = \frac{P_{\text{дн}}}{2} = 1{,}6\ \text{кПа}.$$

9.3. (*10 баллов*) Маленький шарик падает с высоты 1 м на тонкую собирающую линзу с фокусным расстоянием 50 см и разбивает ее. Сколько времени будет существовать мнимое изображение шарика в этой линзе? (g = 10 м/с^2)

Ответ: t = 13 с.

Решение:

Изображение предмета в собирающей линзе оказывается мнимым, если расстояние от него до центра линзы меньше фокусного расстояния.

Полное время падения шарика $t_1 = \sqrt{\frac{2h}{g}}$, где h – высота, с которой падает шарик.

Время полете до фокуса линзы: $t_2 = \sqrt{\frac{2(h-F)}{g}}$, где F – фокусное расстояние линзы.

Время, в течение которого будет существовать мнимое изображение, равно:

$$t = t_1 - t_2 = \sqrt{\frac{2h}{g}} - \sqrt{\frac{2(h-F)}{g}} = 0{,}13\ c.$$

9.4. (*10 баллов*) Для проведения лабораторной работы студенту Иванову Семёну была выдана электрическая плитка. При этом преподаватель сообщил, что коэффициент полезного действия этой плитки 40 %. На ее корпусе он обнаружил, что мощность равна 500 Вт. Сколько времени продолжить нагревание 0,8 литров воды, чтобы ее 10 % обратить в пар при кипении, если начальная температура воды 15°С? Удельная теплоемкость воды с = 4200 Дж (кг· К), удельная теплота парообразования воды r = 2,26·10^6 Дж·кг.

Ответ: $\tau = 2332$ с ≈ 39 мин.

Решение:

Сначала необходимо нагреть воду до температуры кипения $t_{\text{к}}$:

$$Q_{\text{н}} = (t_{\text{к}} - t_0)\cdot c\cdot \rho_{\text{в}}\cdot V_{\text{воды}}.$$

Затем начнется процесс парообразования воды, чтобы испарить объем равный $V_{\text{исп.воды}}$ потребуется следующее количество тепла:

$$Q_{\text{исп}} = r \cdot \rho_{\text{в}} \cdot V_{\text{исп.воды}} = 0{,}1 \cdot r \cdot \rho_{\text{в}} \cdot V_{\text{воды}}.$$

Теперь выясним, какое количество теплоты передаст электрическая плитка воде за время работы τ:

$$\frac{\text{КПД} \cdot \text{P} \cdot \tau}{100\ \%} = Q.$$

Получаем систему уравнений:

$$\begin{cases} \dfrac{\text{КПД} \cdot \text{P} \cdot \tau}{100\ \%} = Q \\ Q = Q_{\text{н}} + Q_{\text{исп}} \end{cases}$$

Выразим и найдем искомое время:

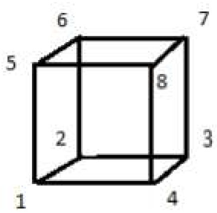
$$\tau = \frac{(Q_{\text{н}} + Q_{\text{исп}}) \cdot 100\ \%}{\text{КПД} \cdot \text{P}} = \frac{\left((t_{\text{к}} - t_0) \cdot c \cdot \rho_{\text{в}} \cdot V_{\text{воды}} + 0{,}1 \cdot r \cdot \rho_{\text{в}} \cdot V_{\text{воды}}\right) \cdot 100\%}{\text{КПД} \cdot \text{P}}$$

$$= \frac{\rho_{\text{в}} \cdot V_{\text{воды}}\left((t_{\text{к}} - t_0) \cdot c + 0{,}1 \cdot r\right) \cdot 100\%}{\text{КПД} \cdot \text{P}} = 2332\ \text{с} \approx 39\ \text{мин}.$$

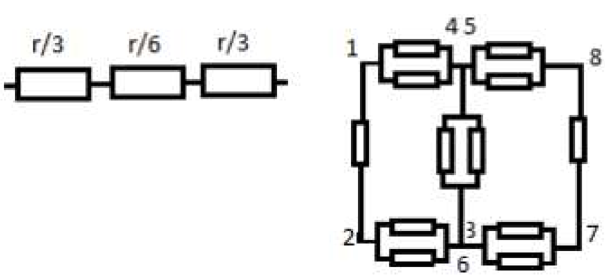
9.5. (*10 баллов*) Из одинаковых проволочек спаяли куб и подключили его к источнику постоянного напряжении крайними точками диагонали куба и за время t_1 он нагрелся на ΔT градусов. Определите, за какое время куб нагреется на ΔT градусов, если его подключить к тому же источнику крайними точками диагонали грани куба. Потерями тепла пренебречь.

Ответ: $t_2 = \frac{9t_1}{10}$

Решение: Куб спаян из одинаковых проволочек. Пусть сопротивление каждой такой проволочки r.



Воспользуемся тем, что точки с одинаковыми потенциалами можно соединять или разделять не меняя токов в цепи, а значит и сопротивление цепи, и нарисуем для удобства расчета сопротивлений эквивалентные схемы.



Подключение к напряжению куба точками 1 и 7, приведет к схеме, изображенной на левом рисунке. Ее полное сопротивление: $R_1 = \frac{5r}{6}$.

Схема, изображенная на правом рисунке, соответствует подключению напряжения к точкам 1 и 8. Для расчета сопротивления следует помнить, что потенциалы точек 36 и 45 равны, что можно проверить простым расчетом. Для этого случая $R_2 = \frac{3r}{4}$.

Используя закон Джоуля-Ленца, получим $\frac{t_1 U^2}{R_1} = \frac{t_2 U^2}{R_2}$.

Поэтому $t_2 = \frac{9t_1}{10}$.