

Возможные решения задач

11 класс

Задача 1 Параболическая горка

Введем прямоугольную систему координат, связанную с горкой. Начало системы координат выберем в крайней левой точке горки.

1. Уравнение параболы:

$$y = \frac{4H}{L^2} x(L-x).$$

2. В этой системе горизонтальная координата стержня изменяется по закону: $x = vt$.

3. Тогда координата y опирающегося на горку конца стержня: $y = \frac{4Hv}{L}t - \frac{4Hv^2}{L^2}t^2$. Т.е. в вертикальном направлении движение

стержня равнопеременное с ускорением $a_y = -\frac{8Hv^2}{L^2}$.

4. Проекция второго закона Ньютона для стержня на ось y :

$$N - mg = ma_y, \text{ откуда } N = m\left(g - \frac{8Hv^2}{L^2}\right). N - \text{ сила реакции горки.}$$

5. Сила давления стержня на горку по третьему закону Ньютона равна по величине силе реакции горки и при движении стержня не меняется.

Критерии оценивания решения:

Написано уравнение параболы – 2 балла.

Выведены зависимости от времени горизонтальной и вертикальной координат – 4 балла.

Определено вертикальное ускорение стержня – 2 балла.

Найдена сила давления – 2 балла.

Задача 2 Газы в цилиндре.

1. Условие первоначального равновесия газов $p_{He} = p_{Ar} = p$.

2. Уравнения Менделеева – Клапейрона:

$$p \frac{V}{2} = \nu_{He} RT_{He}$$

$$p \frac{V}{2} = \nu_{Ar} RT_{Ar}.$$

3. Из этих уравнений при подстановке значений получим $\nu_{He} = 1,5\nu_{Ar}$

4. Поршень будет перемещаться до тех пор пока не выравняются температуры газов. Обозначим её T .

5. Т.к. цилиндр тепло не проводит, и процесс по условию протекает медленно (т.е. газы проходят через ряд равновесных состояний), то суммарная внутренняя энергия газов остаётся постоянной. $\Delta U_{He} + \Delta U_{Ar} = 0$, или

$$\frac{3}{2}v_{He}R(T - T_{He}) + \frac{3}{2}v_{Ar}R(T - T_{Ar}) = 0. \text{ Откуда } T = \frac{v_{He}T_{He} + v_{Ar}T_{Ar}}{v_{He} + v_{Ar}} = 480\text{K}.$$

6. Отношение внутренних энергий газа равно отношению его температур:

$$\frac{U_{Ar_{кон}}}{U_{Ar_{нач}}} = \frac{T}{T_{Ar}} = 0,8$$

Критерии оценивания решения:

Описано начальное равновесие – 1 балл.

Записаны уравнения Менделеева – Клапейрона с учетом п.1 решения и условия задачи и найдено соотношение молей газов (п.п.2,3) – 2 балла.

Описано конечное равновесие (п.4)– 2 балла

Пункт 5 – 4 балла.

Получен ответ задачи 1 балл

Задача 3. Плавание трубки.

1. Давление воздуха внутри трубки, когда она плавает открытым концом вниз, $p_1 = p_0 + \rho g(L_1 - H)$, где p_0 – атмосферное давление, ρ - плотность жидкости, L_1 – длина, погруженной в воду части трубки.

2. Условия равновесия трубки в первом случае:

$$Mg + p_0 \frac{\pi D_2^2}{4} = p_1 \frac{\pi D_1^2}{4} + (p_0 + \rho g L_1) \frac{\pi(D_2^2 - D_1^2)}{4},$$

где D_1 и D_2 – соответственно внутренний и внешний диаметры трубки, M – масса трубки.

3. Условия равновесия трубки во втором случае:

$$Mg + p_0 \frac{\pi D_2^2}{4} = (p_0 + \rho g L_2) \frac{\pi D_2^2}{4}, \text{ где } L_2 \text{ – длина, погруженной в воду}$$

части трубки во втором случае.

4. Решение системы трех уравнений дает:

$$H = \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^2 \Delta L = 6,25\text{см.}$$

Критерии оценивания решения:

Найдено давление воздуха внутри трубки - 1 балл

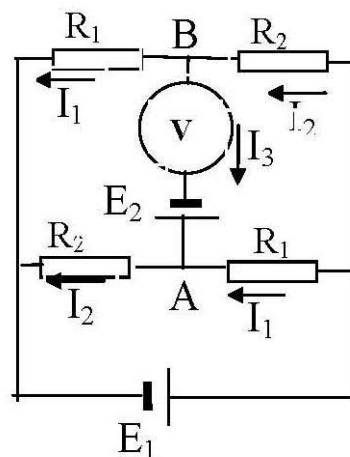
Записано условие равновесия в первом случае – 4 балла.

Записано условие равновесия во втором случае – 2 балла.

Найдено решение системы уравнений– 3 балла

Задача 4 Показание вольтметра

1. Из симметрии схемы токи, текущие через одинаковые резисторы одинаковы
2. Т.к. сопротивление вольтметра велико по сравнению с сопротивлениями резисторов, то $I_1 \approx I_2$
3. В этом приближении напряжение между точками А и В $U_{AB} = E_1/3$
4. По закону Ома для неоднородного участка цепи АВ: $U_V = I_3 R_V = E_2 + U_{BA}$. Откуда $U_V = E_2 - E_1/3$



Критерии оценивания решения:

- Учет симметрии схемы – 2 балла.
- Записано соотношение токов(п.2) – 2 балла.
- Найдено напряжение между узлами схемы(п.3)– 3 балла
- Получен ответ задачи (п.4)- 3 балла

Задача 5. Движение конденсатора.

1. Из уравнения движения конденсатора $C_2 \quad m\Delta v/\Delta t = F_A = i \cdot D \cdot B$ следует $m\Delta v = i \cdot \Delta t \cdot D \cdot B = \Delta q \cdot D \cdot B$ (1),

где Δq – заряд, протекший по цепи за Δt .

2. Суммируя (1) по времени от 0 до момента остановки C_2 получим

$$mv_0 = \Delta Q \cdot D \cdot B \quad (2),$$

где ΔQ - полный заряд, протекший по цепи за это время.

3. В момент остановки C_2 напряжения на конденсаторах равны, а суммарный заряд на них (из закона сохранения заряда) – Q . Тогда

$$q_2 = C_2 Q / (C_1 + C_2) \quad (3)$$

4. Заряд, протекший по цепи, до момента остановки C_2 : $\Delta Q = q_2$. Решая совместно

(2), и (3), находим $Q = \frac{mv_0(C_1 + C_2)}{DB C_2}$

Критерии оценивания решения:

- Получена связь изменения скорости и протекшего заряда– 2 балла.
- Выведено соотношение между начальным импульсом и протекшим по цепи зарядом (п.2) – 2 балла.
- Найден заряд на втором конденсаторе(п.3)– 3 балла
- Получен ответ задачи (п.4)- 3 балла