

Решения муниципального этапа всероссийской
олимпиады школьников
(Физика, 11-ый класс)

Задача 1. Вязкое трение

В первом опыте в бочку с водой бросили алюминиевый шарик. Вскоре из-за вязкого трения его скорость установилась и стала равной v_1 . Во втором опыте этот шарик стали вынимать из бочки с помощью прикреплённой к нему нити. Во сколько раз сила F , с которой нужно тянуть за нить, должна быть больше веса шарика P в воздухе, чтобы в воде он поднимался со скоростью $v_2 = 0,91v_1$?

Примечание: Сила вязкого трения F_c прямо пропорциональна скорости шарика. Плотность алюминия $\rho_{Al} = 2,7 \text{ г/см}^3$.

Решение

Введем P_w – вес шарика в воде. Он связан с его весом в воздухе следующим образом:

$$P_w = P - F_A = \frac{\rho_{Al} - \rho_w}{\rho_{Al}} P$$

Второй закон Ньютона при падении в воде:

$$\overline{P_w} + \overline{F_c} = 0$$

$F_c = -\alpha v_1$ – сила сопротивления воздуха (α – коэффициент пропорциональности между силой и скоростью).

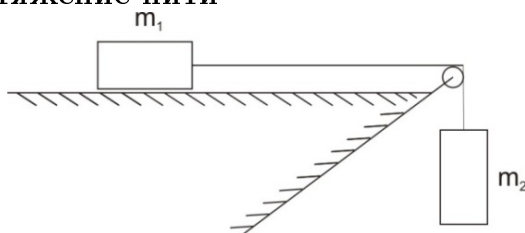
При подъеме в воде (в проекции на вертикальную ось):

$$F = P_w + \alpha v_2$$

Решая эту систему уравнений, получаем:

$$F = P_w \left(1 + \frac{v_2}{v_1}\right) = P \left(1 + \frac{v_2}{v_1}\right) \left(1 - \frac{\rho_w}{\rho_{Al}}\right)$$

Задача 2. Натяжение нити



На горизонтальной поверхности стола удерживают груз I массы m_1 , который связан с грузом II массы m_2 нитью, перекинутой через лёгкий блок (см.рис). Между грузом I и поверхностью стола действует сила трения, а коэффициент трения равен μ . Груз I отпускают. Найдите натяжение T нити. Если массу груза II зафиксировать, а массу груза I изменять, то будет изменяться и натяжение T . Чему равно максимальное натяжение T_m нити?

Решение

Пусть груз I скользит по поверхности стола. Тогда согласно второму закону Ньютона:

$$m_1 a = T - \mu m_1 g$$

$$m_2 a = m_2 g - T$$

Решая совместно эти уравнения, получим:

$$T = (1 + \mu)g \left(\frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \right)$$

По мере увеличения массы груза I сила натяжения будет расти. Своего максимального значения она достигнет при неподвижных грузах, то есть

$$T_m = m_2 g$$

Примечание: ответ $T_m = (1 + \mu)m_2 g$ неверен.

Задача 3. Глюк открывает новый закон МКТ(2)

Однажды экспериментатор Глюк занялся исследованием зависимости скорости звука v в разных газах от температуры t_i , выраженной в градусах Цельсия. Сначала он заполнил азотом (N_2) установку и для температур t_1, t_2 , и t_3 определил в ней скорости звука $v_1(N_2), v_2(N_2)$ и $v_3(N_2)$, соответственно. Затем он взял другой газ X и определил скорости звука в нём для тех же температур t_1, t_2 и t_3 . Составляя из полученных

результатов всевозможные соотношения, он заметил, что для квадратов скоростей звука выполняется новый закон!

$$\frac{v_1^2(N_2) - v_2^2(N_2)}{v_1^2(N_2) - v_3^2(N_2)} = \frac{v_1^2(X) - v_2^2(X)}{v_1^2(X) - v_3^2(X)} = \Omega = const,$$

в котором постоянная Ω не зависит от вида газа. Докажите или опровергните справедливость этого закона.

Примечание: Для заданного газа скорость звука пропорциональна среднеквадратичной скорости молекул.

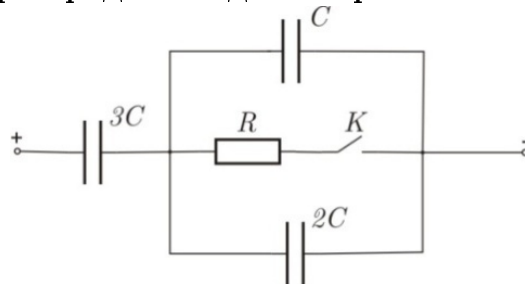
Решение

Известно, что среднеквадратичная скорость движения молекул равна $v_{sq} = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$. Скорость звука пропорциональна среднеквадратичной скорости, поэтому $v \propto \sqrt{\frac{T}{m}}$. Поэтому найденные Глюком соотношения переписываются так:

$$\frac{\frac{t_1 + T_0}{m_{N_2}} - \frac{t_2 + T_0}{m_{N_2}}}{\frac{t_1 + T_0}{m_{N_2}} - \frac{t_3 + T_0}{m_{N_2}}} = \frac{\frac{t_1 + T_0}{m_X} - \frac{t_2 + T_0}{m_X}}{\frac{t_1 + T_0}{m_X} - \frac{t_3 + T_0}{m_X}}$$

Здесь $T_0 = 273K$. Очевидно, найденный Глюком закон выполняется.

Задача 4. Перезарядка конденсаторов



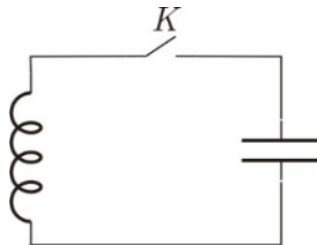
Как и во сколько раз изменится заряд конденсатора емкостью $3C$ после замыкания ключа в электрической цепи (см.рис). Емкости конденсаторов, указанные на рисунке считать известными.

Решение

Пусть напряжение в сети равно U . Сначала общая емкость цепи составляла $1,5 C$. Напряжение на конденсаторе емкостью $3C$ равно половине общего напряжения цепи. Поэтому заряд на нем был $q_1 = 3C \cdot \frac{U}{2}$

После замыкания ключа, когда ток перестанет течь, напряжение на параллельно соединенных конденсаторах будет равно нулю. Поэтому заряд на оставшемся конденсаторе будет равен $q_2 = 3CU = 2q_1$, то есть заряд увеличился в два раза.

Задача 5. Максимальная сила тока



В электрической цепи (см.рис) заряд конденсатора $q = 0,2 \text{ мкКл}$. Ключ K замыкают и через время $t = 32 \text{ мкс}$ сила тока в цепи достигает максимального значения I_0 . Найдите эту силу тока I_0 .

Решение

Рассматриваемая электрическая цепь представляет собой колебательный контур. Время t будет составлять четверть периода колебаний силы тока:

$$t = \frac{\pi}{2} \sqrt{LC}$$

Из закона сохранения энергии:

$$\frac{q^2}{2C} = \frac{LI_0^2}{2}$$

Решая совместно эти уравнения можем выразить I_0 :

$$I_0 = \frac{q}{\sqrt{LC}} = \frac{\pi q}{2t} = 9,8 \text{ мА}$$