

ЗАДАЧА 1.

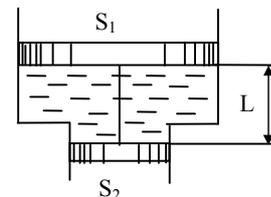
Две частицы движутся с ускорением g в однородном поле тяжести. В начальный момент частицы находились в одной точке и имели равные скорости $v_1 = v_2 = v_0 = 4,0$ м/с, направленные горизонтально и в противоположные стороны. Найдите расстояние между частицами в момент, когда угол α между векторами их скоростей будет равен 60°

ЗАДАЧА 2.

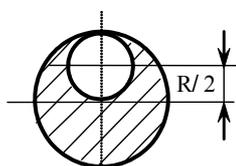
Абсолютные показатели преломления алмаза и стекла соответственно равны 2,42 и 1,5. Найдите отношение толщин этих веществ, если время распространения света в них одинаково.

ЗАДАЧА 3.

В вертикально расположенном сосуде с сечениями $S_1 = 200$ см² и $S_2 = 100$ см² находятся два невесомых поршня. Поршни соединены тонкой проволокой длины $L = 0,5$ м. Пространство между поршнями заполнено водой. Найдите силу натяжения проволоки T . Трением пренебrecь. Концы сосуда открыты в атмосферу. Принять ускорение свободного падения $g = 10$ м/с²



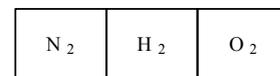
ЗАДАЧА 4.



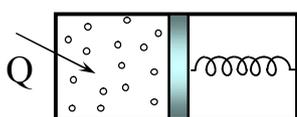
В однородном цилиндре радиуса R и массы m , на расстоянии $R/2$ от центра цилиндра, параллельно его оси просверлено сквозное отверстие радиуса $R/2$. Цилиндр находится на горизонтальной поверхности в положении, показанном на рисунке. Определите величину минимальной работы, необходимой для перекачивания без скольжения цилиндра на расстояние $L = \frac{3}{2}\pi R$.

ЗАДАЧА 5.

Сосуд вместимостью $V = 30$ дм³ разделен на три равные части неподвижными полупроницаемыми тонкими перегородками. В левую часть сосуда впускают азот массы $m_A = 84$ г, в среднюю – водород массы $m_B = 6$ г и в правую – кислород массы $m_C = 96$ г. Молекулы водорода и азота могут диффундировать через обе перегородки. Чему будет равно давление в правой части сосуда после установления равновесия, если температура газа в сосуде поддерживается постоянной и равной $T = 300$ К?



ЗАДАЧА 6.



Два моля неона и три моля гелия находятся в левой половине цилиндра, показанного на рисунке. Справа от поршня вакуум. В отсутствие газов поршень расположен вплотную к левому торцу цилиндра и пружина в этом положении не деформирована. Боковые стенки цилиндра и поршень адиабатные (нетеплопроводные). Газ нагревают через левый торец цилиндра. Пренебрегая трением, найдите теплоёмкость газовой смеси.

ЗАДАЧА 7.

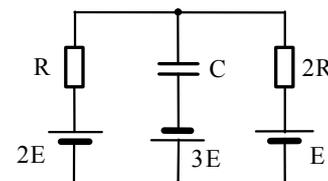
Циклическая частота свободных малых колебаний материальной точки равна ω . Найдите наименьшее время, через которое её импульс уменьшится вдвое по сравнению с максимальным значением.

ЗАДАЧА 8.

Фотокатод с работой выхода A освещается монохроматическим светом с частотой ν . Вылетевшие из катода электроны попадают в однородное магнитное поле и движутся по окружностям, наибольший радиус которых равен R . Определите индукцию B магнитного поля.

ЗАДАЧА 9.

Определите заряд на конденсаторе C . Параметры элементов схемы, указанные на рисунке, считать известными. Внутренними сопротивлениями источников тока пренебrecь.



ЗАДАЧА 10.

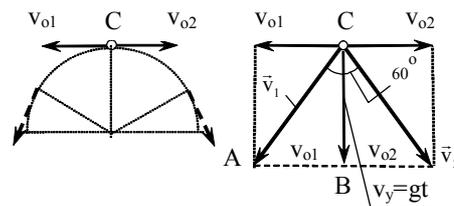
Небольшой шарик, имеющий массу m и заряд q , находится на высоте h над землей. На одной вертикали с ним на высоте $2h$ находится второй шарик массы $2m$ и заряда q . Шарики одновременно бросили в одну сторону в горизонтальном направлении с одинаковыми скоростями v . Нижний шарик коснулся земли на расстоянии L от вертикали бросания. На какой высоте H в этот момент будет находиться второй шарик? Сопротивлением воздуха и влиянием индуцированных на земле зарядов пренебrecь.

**ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СОРЕВНОВАНИЯ ОЛИМПИАДЫ
«ШАГ В БУДУЩЕЕ» ПО КОМПЛЕКСУ ПРЕДМЕТОВ «ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ» ФИЗИКА
РЕШЕНИЕ ВАРИАНТА № 7**

ЗАДАЧА 1. (4 балла)

Ответ: $L = \frac{2v_0^2 \sqrt{3}}{g} \approx 5,6 \text{ м}$.

Падая, обе частицы, находятся в одной горизонтальной плоскости, на одной высоте, определяемой составляющей $v_y = gt$. Расстояние между частицами L определяется



горизонтальными составляющими скоростей, т.е.

начальными скоростями v_{01} и v_{02} , и временем падения частиц t до момента, когда скорости \vec{v}_1 и \vec{v}_2 образуют угол 60° . Время падения частиц находим из треугольников скоростей, где $v_y = gt$ -

Треугольник ACB - прямоугольный

$$\frac{v_{01}}{\operatorname{tg} 30^\circ} = gt, \text{ отсюда } t = \frac{v_{01}}{g \cdot \operatorname{tg} 30^\circ} \quad (1) \quad L = (v_{01} + v_{02})t = 2v_0 t, \quad (2) \quad \text{т.к. } v_{01} = v_{02} = v_0$$

Подставив (1) в (2), получим

$$L = 2v_0 t = 2v_0 \frac{v_0}{g \cdot \operatorname{tg} 30^\circ} = \frac{2v_0^2 \sqrt{3}}{g} = \frac{2 \cdot 4^2 \sqrt{3}}{9,8} = 5,6 \text{ м}.$$

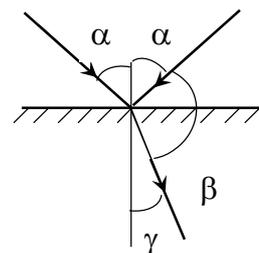
ЗАДАЧА 2. (4 балла)

Ответ: $\frac{\ell_2}{\ell_1} = \frac{n_1}{n_2} = 1,61$.

$$n_1 = 2,42, \quad n_2 = 1,5$$

Абсолютные показатели преломления алмаза $n_1 = 2,42$ и стекла $n_2 = 1,5$ связаны со скоростями v_1 и v_2 распространения света в этих веществах

$$\text{соотношением } \frac{n_1}{n_2} = \frac{v_2}{v_1} \quad (1)$$



Так как свет распространяется в однородной среде с постоянной скоростью, то $v_1 = \frac{\ell_1}{t}$, а $v_2 = \frac{\ell_2}{t}$, (2)

где ℓ_1 - толщина алмаза, ℓ_2 - толщина стекла, а t - время прохождения света сквозь вещество.

Разделив почленно выражения (2), получим $\frac{v_2}{v_1} = \frac{\ell_2}{\ell_1}$ (3).

Из сравнения уравнений (1) и (2) найдём $\frac{\ell_2}{\ell_1} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{2,42}{1,5} = 1,61$.

ЗАДАЧА 3. (5 баллов)

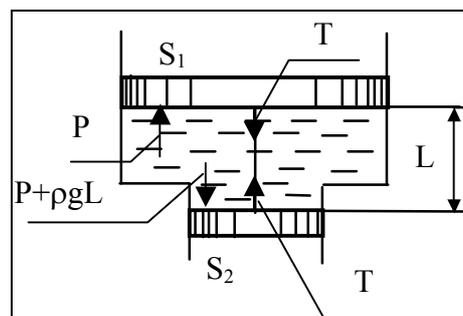
Ответ: $T = \rho g L \frac{S_1 S_2}{S_1 - S_2} = 100H$.

Обозначим атмосферное давление через P_0 , давление воды на верхний поршень - через P . Давление воды на нижний поршень равно $P + \rho g L$, где ρ - плотность воды. Запишем условия равновесия поршней: Принять ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$

$$1) \quad P_0 S_1 + T = P S_1$$

$$2) \quad (P + \rho g L) S_2 = P_0 S_2 + T$$

Из этих соотношений находим силу натяжения проволоки



$$T = \rho g L \frac{S_1 S_2}{S_1 - S_2} = 10^3 \cdot 10 \cdot 0.5 \frac{2,0 \cdot 1,0 \cdot 10^{-4}}{(2,0 - 1,0) \cdot 10^{-2}} = 100H$$

ЗАДАЧА 4. (5 баллов)

Ответ: $A = \frac{mgR}{4}$.

Масса цилиндра с отверстием равна $m_1 = \frac{3}{4}m$. (Массы пропорциональны соответствующим площадям сечения цилиндра).

Для перекачивания цилиндра на расстояние $L = \frac{3\pi R}{2}$, необходимо совершить минимальную работу

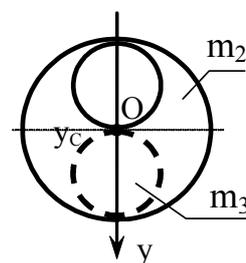
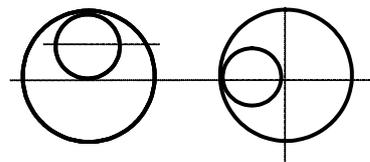
$$A = \frac{3}{4}mg \cdot \Delta y_C, \quad \text{где } \Delta y_C - \text{перемещение центра масс цилиндра вдоль вертикальной оси } y.$$

Представляя цилиндр с отверстием как сумму двух симметричных тел с

массами $m_2 = \frac{m}{2}$ и $m_3 = \frac{m}{4}$ и, взяв начало координат в центре цилиндра (

в точке O), получим: $y_C = \frac{m_3 \cdot \frac{R}{2}}{m_2 + m_3}$; т.е. $y_C = \frac{\frac{m}{4} \cdot \frac{R}{2}}{\frac{3}{4}m} = \frac{R}{6}$.

Следовательно, $\Delta y_C = 2y_C = \frac{R}{3}$ и работа $A = \frac{3}{4}mg \cdot \frac{R}{3} = \frac{mgR}{4}$.



ЗАДАЧА 5. (5 баллов)

Ответ: $P = \frac{RT}{V}(v_B + 3v_K + v_A) = 1,25 \cdot 10^6 \text{ Па}$

$$P = P_B + P_K + P_A = v_B \frac{RT}{V} + v_K \frac{3RT}{V} + v_A \frac{RT}{V} = \frac{RT}{V}(v_B + 3v_K + v_A)$$

$$P = 8,31 \cdot 10^4 (3 + 3 \cdot 3 + 3) = 1,25 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

N ₂	H ₂	O ₂
----------------	----------------	----------------

ЗАДАЧА 6. (5 баллов)

Ответ: $C = 2\nu R = 10R$.

1). Подводимая к газу теплота ΔQ идет на изменение внутренней энергии газа и изменение потенциальной энергии сжатой пружины:

$$\Delta Q = \frac{3}{2}\nu R \Delta T + \frac{k}{2}(x_2^2 - x_1^2) \quad (1), \quad \text{где } x - \text{величина деформации пружины; } \nu - \text{число молей}$$

газовой смеси; k – коэффициент жёсткости пружины.

2) Состояние идеального газа описывается уравнением: $pV = \nu RT$ (2)

Из условия равновесия поршня следует, что $p = \frac{F}{S} = \frac{kx}{S}$ (3), где F – сила упругости,

S – площадь поршня. Кроме того $V = xS$ (4). Подставив (3) и (4) в левую часть уравнения (2),

получим: $\frac{kx}{S} xS = \nu RT$. То есть $kx^2 = \nu RT$ (5).

И для двух положений поршня имеем: $kx_2^2 - kx_1^2 = \nu R \Delta T$ (6).

Подставляя (6) в (1), получим

$$\Delta Q = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + \frac{1}{2} \nu R \Delta T = 2 \nu R \Delta T. \text{ И теплоёмкость системы } C = \frac{\Delta Q}{\Delta T} = 2 \nu R.$$

По условию задачи в левой половине цилиндра находятся два моля неона и три моля гелия, то есть $\nu_{\Sigma} = 5$. Тогда $C = 2 \cdot 5 \cdot R = 10 R$.

ЗАДАЧА 7. (5 баллов)

Ответ: $t = \frac{\pi}{3\omega}$.

Импульс материальной точки, совершающей малые колебания $p = m v$, где

$$v = v_m \cos(\omega \cdot t). \quad (1) \quad \text{По условию задачи } \frac{p(t=\tau)}{p_m(t=0)} = \frac{v}{v_m} = \frac{1}{2} \text{ и, следовательно, } v = \frac{1}{2} v_m.$$

Подставляя это выражение в (1), получим $\frac{v_m}{2} = v_m \cos(\omega \cdot t)$, откуда $\cos(\omega \cdot t) = \frac{1}{2}$;

$$\omega \cdot t = \arccos \frac{1}{2}; \quad \omega \cdot t = \frac{\pi}{3}; \quad t = \frac{\pi}{3\omega}.$$

ЗАДАЧА 8. (5 баллов)

Ответ: $B = \frac{1}{qR} \sqrt{2m(h\nu - A)}$.

$$1) \quad h\nu = A + \frac{mv^2}{2}, \text{ откуда } v = \sqrt{\frac{2}{m}(h\nu - A)} \quad (1)$$

$$2) \quad \frac{mv^2}{R} = qvB, \text{ откуда } B = \frac{mv}{qR} = \frac{m}{qR} \sqrt{\frac{2}{m}(h\nu - A)} = \frac{1}{qR} \sqrt{2m(h\nu - A)}.$$

ЗАДАЧА 9. (6 баллов)

Ответ: $q = \frac{14}{3} CE$.

1). Ток в контуре (направление тока – по часовой стрелке)

$$I = \frac{E}{3R} \quad (1)$$

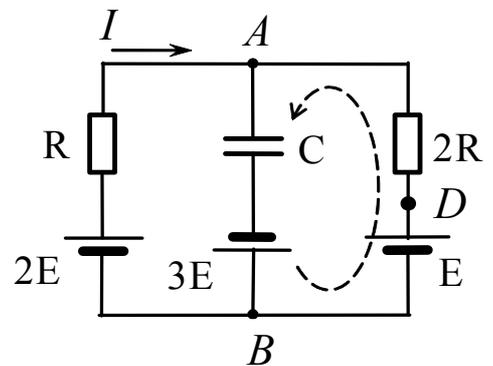
2). Для контура ABDA (направление обхода контура показано на рисунке стрелочкой)

$$U - I \cdot 2R = 3E + E \quad (2),$$

где U – напряжение на конденсаторе.

$$\text{Из (2) следует } U = 4E + 2 \cdot IR = 4E + 2 \frac{E}{3R} R = \frac{14}{3} E.$$

$$3). \text{ Заряд конденсатора } q = CU = \frac{14}{3} CE.$$



ЗАДАЧА 10. (6 баллов)

Ответ: $H_2 = \frac{5}{2} h - \frac{3}{4} g \left(\frac{L}{v} \right)^2$

Начальное положение центра масс находится на высоте $h_c = \frac{mh + 2m \cdot 2h}{m + 2m} = \frac{5}{3} h$ и его начальная скорость v направлена горизонтально.

В дальнейшем центр масс будет двигаться по параболе, характеризуемой уравнением $h = h_c - \frac{g}{2}t^2$.

Нижний шарик упадет на землю в момент времени $t = \frac{L}{v}$.

Положение центра масс в момент падения нижнего шарика на землю определяется соотношением

$$H_c = h_c - \frac{g}{2}t^2 = \frac{5}{3}h - \frac{g}{2}\left(\frac{L}{v}\right)^2.$$

Найдем высоту, на которой будет находиться второй шарик в момент падения нижнего шарика на землю.

$$H_c = \frac{m \cdot 0 + 2mH_2}{3m} = \frac{2}{3}H_2, \quad \text{откуда} \quad H_2 = \frac{3}{2}H_c = \frac{5}{2}h - \frac{3}{4}g\left(\frac{L}{v}\right)^2$$