

ЗАДАЧА 1

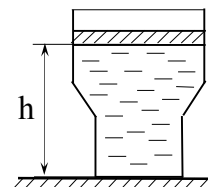
Две частицы движутся с ускорением g в однородном поле тяжести. В начальный момент частицы находились в одной точке и имели скорости $v_1 = 5,0$ м/с и $v_2 = 4,0$ м/с, направленные горизонтально и в противоположные стороны. Найдите расстояние между частицами в момент, когда векторы их скоростей окажутся взаимно перпендикулярными.

ЗАДАЧА 2.

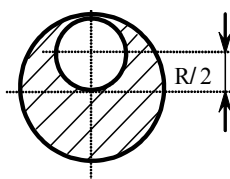
На находящуюся в воздухе стеклянную пластинку, показатель преломления которой $n = 1,5$, падает луч света. Найдите угол падения луча, если угол между отражённым и преломлённым лучами равен 90° .

ЗАДАЧА 3

Сосуд с водой имеет форму, изображённую на рисунке. Площадь поршня $S_1 = 200$ см². Площадь дна сосуда, $S_2 = 100$ см². Сила, с которой вода действует на поршень, $F_1 = 100$ Н. Найдите силу давления воды на дно сосуда, если $h = 50$ см.



ЗАДАЧА 4



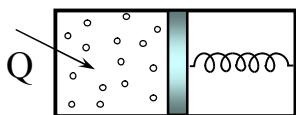
В однородном цилиндре радиуса R и массы m , на расстоянии $R/2$ от центра цилиндра, параллельно его оси просверлено сквозное отверстие радиуса $R/2$. Цилиндр находится на горизонтальной поверхности в положении, показанном на рисунке. Определите величину минимальной работы, необходимой для перекатывания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

ЗАДАЧА 5

Сосуд вместимостью $V = 30$ дм³ разделен на три равные части неподвижными полупроницаемыми тонкими перегородками. В левую часть сосуда впускают водород массы $m_B = 30$ г, в среднюю кислород $m_K = 128$ г и в правую азот массы $m_A = 112$ г. Через левую перегородку может диффундировать только водород. Через правую – водород и азот. Чему будет равно давление в средней части сосуда после установления равновесия, если температура газа в сосуде поддерживается постоянной и равной $T = 300$ К?

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

ЗАДАЧА 6



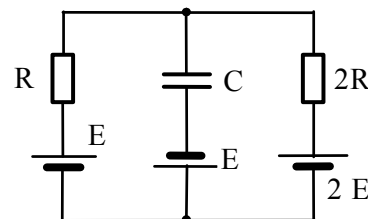
Один моль гелия и три моля аргона находятся в левой половине цилиндра, показанного на рисунке. Справа от поршня вакуум. В отсутствие газов поршень расположен вплотную к левому торцу цилиндра и пружина в этом положении не деформирована. Боковые стенки цилиндра и поршень адиабатные (нетеплопроводные). 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 кинетическая энергия уменьшится вдвое по сравнению с её наибольшим значением.

ЗАДАЧА 8.

Фотокатод с работой выхода A освещается монохроматическим светом с длиной волны λ . Вылетевшие из катода электроны попадают в однородное магнитное поле с индукцией B . Определите наибольший радиус окружности, по которой могут двигаться электроны.

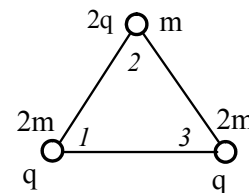


ЗАДАЧА 9

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

ЗАДАЧА 10

На горизонтальной поверхности расположены три маленьких одноименно заряженных шарика, заряды которых равны q , $2q$, q , а массы $2m$, m , $2m$ соответственно, соединённых невесомыми, нерастяжимыми и непроводящими нитями длины L каждая так, что нити образуют равносторонний треугольник. Нить между шариками 1 и 3 пережигают. Пренебрегая гравитационным взаимодействием между шариками и силами трения, найдите максимальную скорость шарика 2.



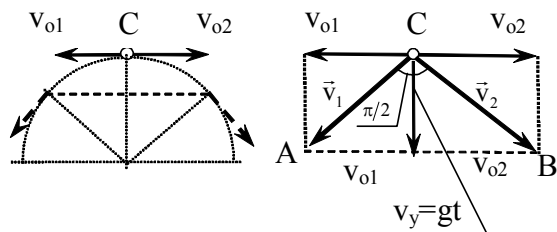
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СОРЕВНОВАНИЯ ОЛИМПИАДЫ
«ШАГ В БУДУЩЕЕ» ПО КОМПЛЕКСУ ПРЕДМЕТОВ «ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ» ФИЗИКА

РЕШЕНИЕ ВАРИАНТА № 5

ЗАДАЧА 1. (4 балла)

Ответ: $L = \frac{(v_1 + v_2) \sqrt{v_1 v_2}}{g} = 2,5 \text{ м.}$

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_{o1} и v_{o2} , и временем падения частиц t до момента, когда скорость \vec{v}_1 станет перпендикулярной скорости \vec{v}_2 . Время падения частиц находим из треугольников скоростей. Треугольник ABC - прямоугольный

$$v_{o1} \cdot v_{o2} = (gt)^2, \text{ отсюда } t = \frac{\sqrt{v_{o1} \cdot v_{o2}}}{g} \quad (1) \quad L = (v_{o1} + v_{o2})t \quad (2) \text{ Подставив (1) в (2), получим}$$

$$L = \frac{(v_{o1} + v_{o2}) \sqrt{v_{o1} \cdot v_{o2}}}{g} = \frac{(3 + 4) \sqrt{3 \cdot 4}}{9,8} \approx 2,5 \text{ м.}$$

ЗАДАЧА 2. (4 балла)

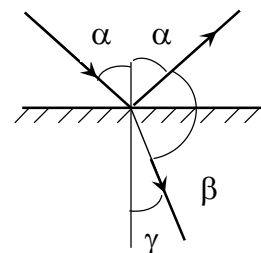
Ответ: $\alpha = \arctg 1,5$.

Из рисунка видно, что $\alpha + \beta + \gamma = \pi$, откуда $\gamma = \pi - \beta - \alpha$ $\gamma = \frac{\pi}{2} - \alpha$ (1)

По закону преломления света, $\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n$. (2)

Учитывая, что $\gamma = \frac{\pi}{2} - \alpha$, находим $\sin \gamma = \sin\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) = \cos \alpha$. Тогда

выражение (2) можно привести к виду $\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \operatorname{tg} \alpha = n$. Откуда $\alpha = \arctg n = \arctg 1,5$.



ЗАДАЧА 3. (5 баллов)

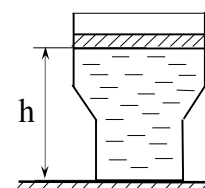
Ответ: $F_2 = \left(\frac{F_1}{S_1} + \rho gh\right) S_2 = 100H$.

:Давление воды на поршень $P_1 = \frac{F_1}{S_1}$.

Давление воды на дно сосуда $P_2 = P_1 + \rho gh$.

Сила давления на дно сосуда

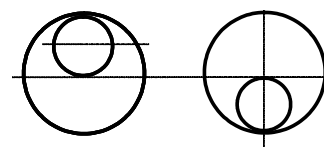
$$F_2 = P_2 \cdot S_2 = \left(\frac{F_1}{S_1} + \rho gh\right) S_2 = F_1 \frac{S_2}{S_1} + \rho gh S_2 = 100 \frac{1,0}{2,0} + 10^3 \cdot 10 \cdot 0,5 \cdot 1,0 \cdot 10^{-2} = 100H$$



ЗАДАЧА 4. (5 баллов)

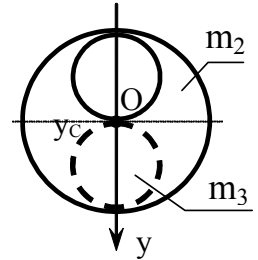
Ответ: $A = \frac{mgR}{4}$.

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



расстояние $L = \pi R$, необходимо совершить минимальную работу $A = \frac{3}{4}mg \cdot \Delta y_C$, где Δy_C - 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: $y_C = \frac{m_3 \cdot \frac{R}{2}}{m_2 + m_3}$; то есть $y_C = \frac{\frac{m}{4} \cdot \frac{R}{2}}{\frac{3}{4}m} = \frac{R}{6}$.



Следовательно, $\Delta y_C = 2y_C = \frac{R}{3}$

и работа $A = \frac{3}{4}mg \cdot \frac{R}{3} = \frac{mgR}{4}$. $A = \frac{mgR}{4}$.

ЗАДАЧА 5. (5 баллов)

Ответ: $P = \frac{RT}{V}(v_B + 3v_K + \frac{3}{2}v_A) = 2,7 \cdot 10^6 \text{ Па}$.

$$P = P_B + P_K + P_A = v_B \frac{RT}{V} + v_K \frac{3RT}{V} + v_A \frac{3RT}{2V} = \frac{RT}{V}(v_B + 3v_K + \frac{3}{2}v_A)$$

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

$$P = 8,31 \cdot 10^4 (15 + 3 \cdot 4 + \frac{3}{2} \cdot 4) = 2,7 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

ЗАДАЧА 6. (5 баллов)

Ответ: $C = 2\nu R = 8R$.

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

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

И теплоёмкость системы $C = \frac{\Delta Q}{\Delta T} = 2\nu R$

По условию задачи в левой половине цилиндра находятся один моль гелия и три моля аргона, то есть $\nu_{\Sigma} = 4$. Тогда $C = 2 \cdot 4 \cdot R = 8R$.

ЗАДАЧА 7. (5 баллов)

Ответ: $t = \frac{\pi}{4\omega}$.

Кинетическая энергия материальной точки, совершающей малые колебания $W = \frac{mv^2}{2}$,

где $v = v_m \cos(\omega \cdot t)$. (1) По условию задачи $\frac{W(t=\tau)}{W_m(t=0)} = \frac{v^2}{v_m^2} = \frac{1}{2}$ и, следовательно, $v = \frac{1}{\sqrt{2}} v_m$.

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

$$\omega \cdot t = \arccos \frac{\sqrt{2}}{2}; \quad \omega \cdot t = \frac{\pi}{4}; \quad t = \frac{\pi}{4\omega}.$$

ЗАДАЧА 8. (5 баллов)

Ответ: $R = \frac{1}{qB} \sqrt{2m \left(\frac{hc}{\lambda} - A \right)}$.

$$h \frac{c}{\lambda} = A + \frac{mv^2}{2}, \text{ откуда } v = \sqrt{\frac{2}{m} \left(\frac{hc}{\lambda} - A \right)} \quad (1)$$

$$\frac{mv^2}{R} = qvB, \text{ откуда } R = \frac{mv}{qB} = \frac{m}{qB} \sqrt{\frac{2}{m} \left(\frac{hc}{\lambda} - A \right)} = \frac{1}{qB} \sqrt{2m \left(\frac{hc}{\lambda} - A \right)}.$$

ЗАДАЧА 9. (6 баллов)

Ответ: $q = \frac{7}{3} CE$.

1. Ток в контуре (направление тока - против часовой стрелки)

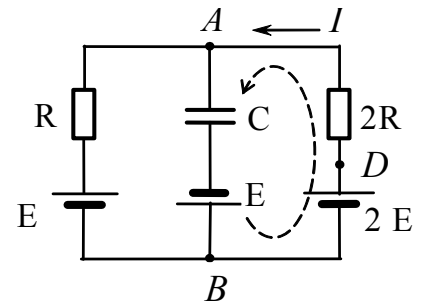
$$I = \frac{E}{3R} \quad (1)$$

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

$$U + I \cdot 2R = E + 2E \quad (2), \text{ где } U - \text{напряжение на конденсаторе.}$$

$$\text{Из (2) следует } U = 3E - 2IR = 3E - 2 \frac{E}{3R} R = \frac{7}{3} E.$$

3. Заряд конденсатора $q = CU = \frac{7}{3} CE$.



ЗАДАЧА 10. (6 баллов)

Ответ: $v_2 = \frac{q}{\sqrt{5mL \pi \epsilon_0}}$.

Из соображений симметрии и с учетом законов сохранения импульса и энергии имеем:

$$1) \quad 2 \cdot 2mv_1 = mv_2 \quad (1)$$

$$2) \quad 2 \frac{2mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} = \Delta W_{\text{эл.}} \quad (2)$$

$$W_{\text{нач.}} = W_{12} + W_{13} + W_{23} = \frac{2q^2}{4\pi\epsilon_0 L} + \frac{2q^2}{4\pi\epsilon_0 L} + \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 L} = 5 \cdot \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 L}$$

$$W_{\text{кон.}} = W_{12} + W_{13} + W_{23} = \frac{2q^2}{4\pi\epsilon_0 L} + \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 2L} + \frac{2q^2}{4\pi\epsilon_0 L} = \frac{9}{2} \cdot \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 L}$$

$$\Delta W_{\text{эл.}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 L} \quad \text{Из (1) следует: } v_1 = \frac{v_2}{4} \quad \text{Подставим в (2), получим}$$

$$2m \frac{v_2^2}{16} + \frac{mv_2^2}{2} = \frac{5}{8} mv_2^2$$

$$\frac{5}{8} mv_2^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 L} = \frac{1}{8} \cdot \frac{q^2}{\pi\epsilon_0 L}, \text{ откуда } v_2 = \frac{q}{\sqrt{5mL \pi \epsilon_0}}.$$

