Второй (заключительный) этап академического соревнования

Олимпиады школьников «Шаг в будущее» по образовательному предмету «Физика», весна 2017 г.

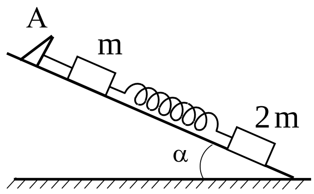
Вариант № 22

З А Д А Ч А 1.

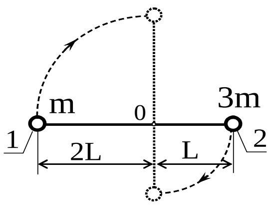
Два тела, находящиеся на одной высоте, брошены одновременно с одинаковыми начальными скоростями $\upsilon_0 = 10\ м/с$, одно – вертикально вверх, а другое – вертикально вниз. Определите τ – разницу во времени движения тел до земли. Принять $g = 10$ м/с^2.

З А Д А Ч А 2.

Бруски массами m и 2m соединены невесомой пружиной и прикреплены лёгкой нитью к упору A, закреплённому на гладкой наклонной плоскости с углом наклона $\alpha = 30^0$.. Найдите силу натяжения нити, если система покоится. Найдите ускорение (направление и модуль) бруска массой m сразу после пережигания нити.



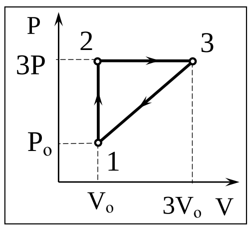
З А Д А Ч А 3.



Вокруг горизонтальной оси O может свободно вращаться легкий рычаг, плечи которого равны 2L и L. На концах рычага укреплены грузы, массы которых равны m и 3m. Первоначально рычаг удерживается в горизонтальном положении, как показано на рисунке. Затем рычаг отпускают без начальной скорости. Определите линейные скорости грузов в момент прохождения стержнем положения равновесия.

З А Д А Ч А 4.

На P - V диаграмме изображен цикл 1–2–3–1, проводимый с одноатомным идеальным газом. Определите отношение количества теплоты Q_{12}, полученной газом в процессе 1–2, к теплоте Q_{23}, полученной газом в процессе 2–3.

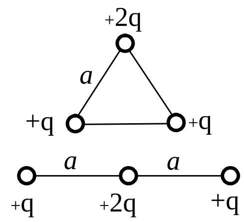


З А Д А Ч А 5.

Теплоизолированный сосуд разделён пористой неподвижной перегородкой на две части. Атомы гелия могут свободно проникать через поры в перегородке, а атомы неона – нет. В начальный момент в одной части сосуда находится $\nu_{He} = 3$ моль гелия, а в другой – $\nu_{Ne} = 1$ моль неона. Температура гелия $T_{He} = 300\ K$, а температура неона $T_{Ne} = 500\ K$. Считая неон и гелий идеальными газами, определите температуру гелия после установления равновесия в системе.

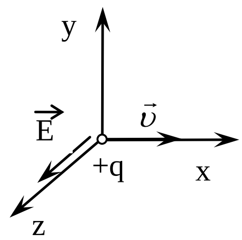
З А Д А Ч А 6.

Три положительных точечных заряда +q, +2q и +q, связанных между собой нитями, расположены в вершинах правильного треугольника со стороной *a*. После разрыва одной из нитей заряды расположились вдоль одной прямой, как показано на рисунке. Найдите работу сил электрического поля, необходимую для перестройки системы расположения зарядов.

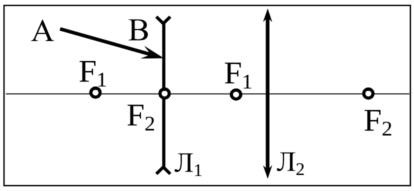


З А Д А Ч А 7.

Положительно заряженная частица движется с постоянной скоростью $\vec{\upsilon}$ вдоль оси x в стационарном однородном электромагнитном поле. Определите модуль и направление вектора магнитной индукции $\vec{B}$, если вектор напряжённости электрического поля $\vec{E}$ направлен вдоль оси z.

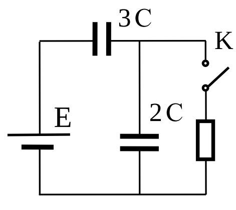


З А Д А Ч А 8. Оптическая система состоит из рассеивающей $Л_1$ и собирающей $Л_2$ линз с общей главной оптической осью. Главные фокусы рассеивающей линзы обозначены F_1, а собирающей линзы – F_2. Постройте дальнейший ход луча AB через оптическую систему.



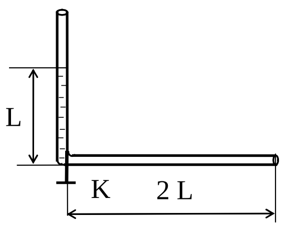
З А Д А Ч А 9.

Какое количество тепла выделится на резисторе после замыкания ключа К ? Внутренним сопротивлением батареи пренебречь.



З А Д А Ч А 10.

Вертикальная часть тонкой открытой с обоих концов L- образной трубки заполнена на длину L жидкостью и удерживается с помощью клапана K. Найдите, через какое время τ после открытия клапана, половина жидкости вытечет из вертикальной части трубки. Силами трения и поверхностного натяжения пренебречь. При течении жидкость заполняет всё сечение трубки.



Решение варианта №22

З А Д А Ч А 1. (8 баллов)

Ответ: $\boxed{a = \dfrac{2(n-1)S}{(n+1)t^2} = 0{,}5 м/с^2}$.

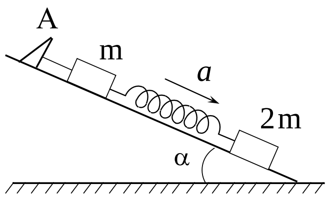
1) $\upsilon = \upsilon_0 + at$. Так как $\upsilon = n\upsilon_0$, то $n\upsilon_0 = \upsilon_0 + at$, отсюда $\upsilon_0 = \dfrac{at}{n-1}$.

2) $S = \dfrac{\upsilon_2{}^2 - \upsilon_1{}^2}{2a} = \dfrac{n\upsilon_0{}^2 - \upsilon_0{}^2}{2a} = \dfrac{\upsilon_0{}^2(n^2-1)}{2a} = \dfrac{a^2t^2(n^2-1)}{(n-1)^2 2a} = \dfrac{at^2(n+1)}{2(n-1)}$, отсюда

3) $a = \dfrac{2(n-1)S}{(n+1)t^2}$; при t =20 с , S = 200м, n = 3 , $a = \dfrac{2(3-1)200}{(3+1)20^2} = 0{,}5\dfrac{м}{с^2}$.

З А Д А Ч А 2. (8 баллов)

Ответ: $\boxed{a = \dfrac{m+2m}{m} g\sin\alpha = \dfrac{3}{2}g}$ Ускорение брусков массой m *и* $2m$ направлено вдоль наклонной плоскости вниз.



1) Силу натяжения нити находим из условия равновесия системы

$$T = (m+2m)g\sin\alpha = 3mg\frac{1}{2} = \frac{3}{2}mg .$$

2) Ускорение бруска m_1

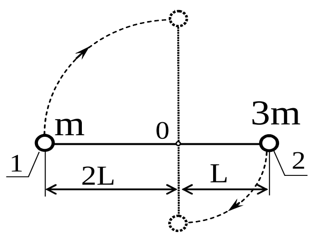
$$a == \frac{(m+2m)g\sin\alpha}{m} = \frac{3m}{m}g\sin 30^0 = \frac{3}{2}g .$$

Ускорение брусков массой m и 2 m направлено вдоль наклонной плоскости вниз.

З А Д А Ч А 3. (10 баллов)

Ответ: $\boxed{\upsilon_2 = \sqrt{\frac{2}{7}gL}}$ $\boxed{\upsilon_1 = 2\sqrt{\frac{2}{7}gL}}$.

1) Пусть скорости грузов в момент прохождения положения равновесия равны υ_1 и υ_2. Тогда, пренебрегая трением, в соответствии с законом сохранения механической энергии, запишем:



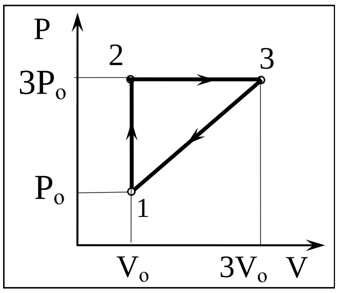
$$\frac{m\upsilon_1{}^2}{2} + \frac{3m\upsilon_2{}^2}{2} = 3mg\cdot L - mg\cdot 2L \quad (1)$$

Поскольку угловая скорость ω вращения грузов одинакова, то $\upsilon_1 = 2\omega L$, $\upsilon_2 = \omega L$, и $\upsilon_1 = 2\upsilon_2$ (2). Подставив (2) в (1), получим $4\upsilon_2^2 + 3\upsilon_2^2 = 2gL$, $7\upsilon_2^2 = 2gL$, откуда

$\boxed{\upsilon_2 = \sqrt{\frac{2}{7}gL}}$ $\boxed{\upsilon_1 = 2\sqrt{\frac{2}{7}gL}}$.

З А Д А Ч А 4. (10 баллов)

Ответ: $\boxed{\frac{Q_{12}}{Q_{23}} = 0,2}$.



$\boxed{Q_{12} = \frac{3}{2}(3P_0V_0 - P_0V_0) = 3P_0V_0}$;

$Q_{23} = \frac{5}{2}(3P_0 \cdot 3V_0 - 3P_0V_0) = 15P_0V_0$; $\boxed{\frac{Q_{12}}{Q_{23}} = 0,2}$.

З А Д А Ч А 5. (10 баллов)

Ответ: $\boxed{T = 350K}$.

He	Ne
$\nu_{He} = 3$	$\nu_{Ne} = 1$
$T_{He} = 300$	$T_{Ne} = 500$

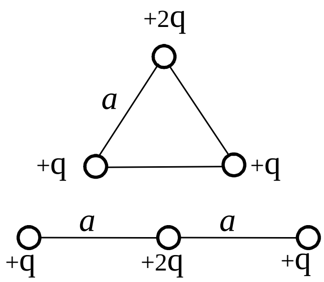
1) После установления равновесия в системе, температура обеих частей сосуда станет одинаковой и равной T, а гелий равномерно распределится по всему сосуду.

2) Температура в сосуде определяется из закона сохранения энергии $U = \frac{3}{2}\nu_{He}RT_{He} + \frac{3}{2}\nu_{Ne}RT_{Ne} = \frac{3}{2}(\nu_{He} + \nu_{Ne})RT$.

Отсюда $T = \frac{\nu_{He}T_{He} + \nu_{Ne}T_{Ne}}{\nu_{He} + \nu_{Ne}} = \frac{3 \cdot 300 + 1 \cdot 500}{3+1} = \frac{900+500}{4} = 350K$, $\boxed{T = 350K}$.

З А Д А Ч А 6. (10 баллов)

Ответ: $\boxed{A = \frac{q^2}{8\pi\varepsilon_o a}}$.



Работа сил электрического поля, необходимая для перестройки системы, равна убыли потенциальной энергии взаимодействующих зарядов при изменении конфигурации расположения зарядов $A = W_1 - W_2$.

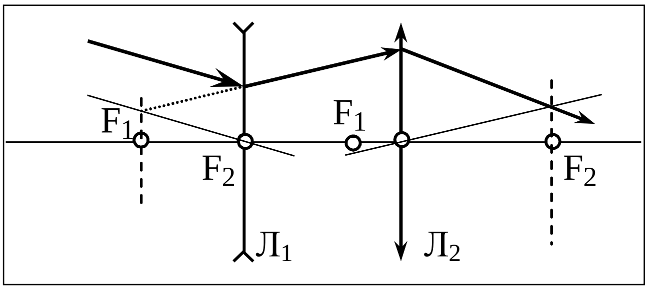
Начальная энергия системы $W_1 = k\frac{q \cdot 2q}{a} + k\frac{2q \cdot q}{a} + k\frac{q \cdot q}{a} = 5k\frac{q^2}{a}$.

Конечная энергия системы $W_2 = k\frac{q \cdot 2q}{a} + k\frac{q \cdot q}{2a} + k\frac{2q \cdot q}{a} = k\frac{9}{2}\frac{q^2}{a}$.

$$A = W_1 - W_2 = 5k\frac{q^2}{a} - k\frac{9}{2}\frac{q^2}{a} = \frac{1}{2}k\frac{q^2}{a} = \frac{q^2}{8\pi\varepsilon_o a}.$$

З А Д А Ч А 7. (10 баллов)

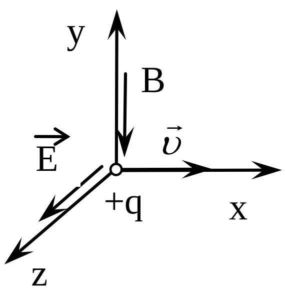
Ответ:



З А Д А Ч А 8. (10 баллов)

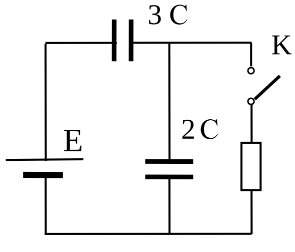
Ответ: На рисунке**.**

$\boxed{B = \frac{E}{\upsilon}}$



З А Д А Ч А 9. (12 баллов)

Ответ: $\boxed{Q = \frac{2}{5}\mathrm{C} \cdot E^2}$.



До замыкания ключа :

1) Ёмкость батареи конденсаторов

$$C_{БАТ} = \frac{3C \cdot 2C}{3C + 2C} = \frac{6}{5}C$$

2) Заряд на батарее конденсаторов $q_1 = \frac{6}{5}C \cdot E = \frac{6}{5}CE$

3) Энергия батареи конденсаторов $\mathrm{W}_1 = \frac{\mathrm{C}_{\text{БАЕ}} \cdot E^2}{2} = \frac{6CE^2}{5 \cdot 2} = \frac{3}{5}CE^2$

После замыкания ключа конденсатор 3C зарядится до напряжения E, его заряд станет равным $q_2 = 3CE$, а энергия $W_2 = \frac{3}{2}C \cdot E^2$.

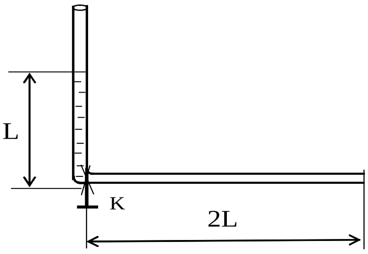
Работа батареи конденсаторов $A = E(q_2 - q_1) = E\left(3CE - \frac{6}{5}CE\right) = \frac{9}{5}CE^2$

Количество тепла, которое выделится на резисторе после замыкания ключа K

$$Q = A - (W_2 - W_1) = \frac{9}{5}CE^2 - \left[\frac{3}{2}C \cdot E^2 - \frac{3}{5}C \cdot E^2\right] = \frac{9}{10}C \cdot E^2, \qquad \boxed{Q = \frac{9}{10}C \cdot E^2}.$$

З А Д А Ч А 10. (12 баллов)

Ответ**:** $\boxed{\tau = \frac{\pi}{3}\sqrt{\frac{L}{g}}}$.



Воспользуемся законом сохранения энергии

$$W_o = W_{кин} + W_{пот} = const .$$

Начальная потенциальная энергия столба жидкости длины L равна кинетической энергии жидкости плюс потенциальной энергии столба жидкости длины x

$$mg \cdot \frac{L}{2} = \frac{m\dot{x}^2}{2} + \frac{m}{L}x\frac{x}{2} \cdot g \qquad (1)$$

Так как $\frac{dW_o}{dt} = 0$, то, продифференцировав выражение (1) по времени, получим

$$\frac{m}{2} \cdot 2\dot{x}\ddot{x} + \frac{m}{L}g \cdot x\dot{x} = 0 \qquad (2)$$

Учитывая, что $\frac{dx}{dt} \neq 0$, получим: $\ddot{x} + \frac{g}{L}x = 0$ (3)

Итак, вытекание жидкости удовлетворяет уравнению гармонических

колебаний с периодом $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$. (4)

Уравнение, описывающее вытекание жидкости из вертикальной части трубки имеет вид:

$x = L \cdot \cos\omega t$. При $t = \tau$, $x = \frac{L}{2}$. Откуда $\omega\tau = \frac{\pi}{3}$. И тогда $\tau = \frac{\pi}{3\omega}$.

Так как . $\omega = \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{g}{L}}$, то время, через которое после открытия клапана половина жидкости вытечет из вертикальной части трубки. $\tau = \frac{\pi}{3\omega} = \frac{\pi}{3}\sqrt{\frac{L}{g}}$.