

Второй (заключительный) этап академического соревнования

Олимпиады школьников «Шаг в будущее» по образовательному предмету «Физика»,

весна 2017 г.

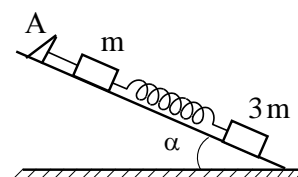
Вариант № 23

ЗАДАЧА 1.

Два тела, находящиеся на одной высоте, брошены одновременно с одинаковыми начальными скоростями $v_0 = 20 \text{ м/с}$, одно – вертикально вверх, а другое – вертикально вниз. Определите τ – разницу во времени движения тел до земли. Принять $g = 10 \text{ м/с}^2$.

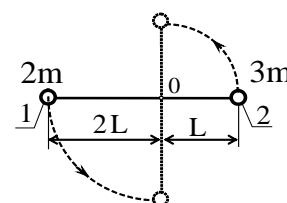
ЗАДАЧА 2.

Бруски массами m и $3m$ соединены невесомой пружиной и прикреплены лёгкой нитью к упору А, закреплённому на гладкой наклонной плоскости с углом наклона $\alpha = 30^\circ$. Найдите силу натяжения нити, если система покоится. Найдите ускорение (направление и модуль) бруска массой m сразу после пережигания нити.



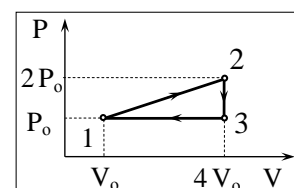
ЗАДАЧА 3.

Вокруг горизонтальной оси О может свободно вращаться легкий рычаг, плечи которого равны $2L$ и L . На концах рычага укреплены грузы массами $2m$ 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.



ЗАДАЧА 4.

На $P - V$ диаграмме изображен цикл 1–2–3–1, проводимый с одноатомным идеальным газом. Определите отношение количества теплоты Q_{23} , отданной газом в процессе 2-3, к Q_{31} , отданной газом в процессе 3–1.



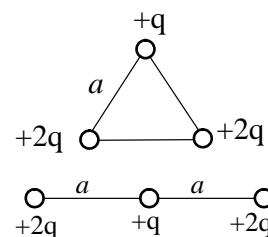
ЗАДАЧА 5.

Теплоизолированный сосуд разделён пористой неподвижной перегородкой на две части. Атомы гелия могут свободно проникать через поры в перегородке, а атомы аргона – нет. В начальный момент в одной части сосуда находится $\nu_{He} = 2$ моль гелия, а в другой – $\nu_{Ar} = 3$ моль аргона. Температура гелия $T_{He} = 300 \text{ К}$, а температура аргона $T_{Ar} = 200 \text{ К}$. Считая

аргон и гелий идеальными газами, определите температуру гелия после установления равновесия в системе.

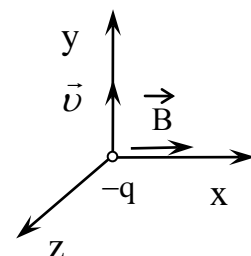
ЗАДАЧА 6.

Три положительных точечных заряда $+2q$, $+q$ и $+2q$, 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.



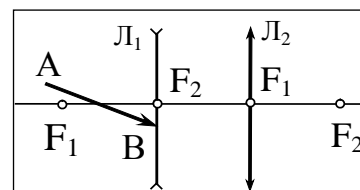
ЗАДАЧА 7.

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



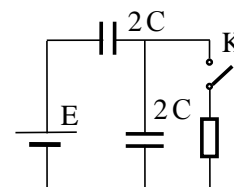
ЗАДАЧА 8.

Оптическая система состоит из рассеивающей L_1 и собирающей L_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.



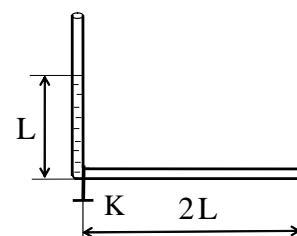
ЗАДАЧА 9.

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



ЗАДАЧА 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, скорость жидкости достигнет максимального значения. Силами трения и поверхностного натяжения пренебречь. При течении жидкость заполняет всё сечение трубки.



Решение варианта №23

ЗАДАЧА 1. (8 баллов)

Ответ: $\Delta t = 2 \frac{v_0}{g} = 4 \text{ c}$.

$$\Delta t = 2 \frac{v_0}{g} = \frac{2 \cdot 20}{10} = 4 \text{ c}.$$

ЗАДАЧА 2. (8 баллов)

Ответ: $a = \frac{m+3m}{m} g \sin \alpha = 2g$ Ускорение брусков

массой m и $3m$ направлено вдоль наклонной плоскости вниз.

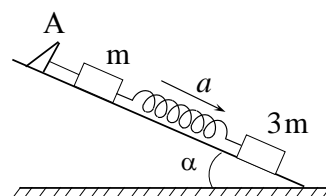
1) Силу натяжения нити находим из условия равновесия системы

$$T = (m+3m)g \sin \alpha = 4mg \frac{1}{2} = 2mg.$$

2) Ускорение брусков массой $m+3m$

$$a = \frac{(m+3m)g \sin \alpha}{m} = \frac{4m}{m} g \sin 30^\circ = 2g.$$

Ускорение брусков массой m и $3m$ направлено вдоль наклонной плоскости вниз.



ЗАДАЧА 3. (10 баллов)

Ответ: $v_2 = \sqrt{\frac{2}{11}gL}$, $v_1 = 2\sqrt{\frac{2}{11}gL}$.

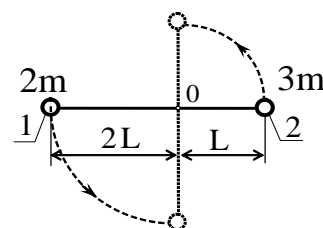
1) Пусть скорости грузов в момент прохождения положения равновесия равны v_1 и v_2 . Тогда, пренебрегая трением, в соответствии с законом сохранения механической энергии, запишем:

$$\frac{2mv_1^2}{2} + \frac{3mv_2^2}{2} = 2mg \cdot 2L - 3mgL \quad (1)$$

Поскольку угловая скорость ω вращения грузов одинакова,

то $v_1 = 2\omega L$, $v_2 = \omega L$, и $v_1 = 2v_2$ (2). Подставив (2) в (1), получим

$$4v_2^2 + \frac{3v_2^2}{2} = 4gL - 3gL, \quad 11v_2^2 = 2gL,$$



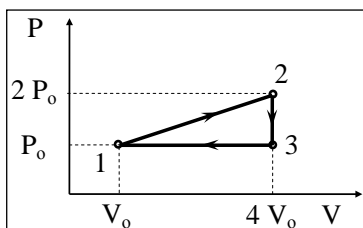
откуда $\boxed{v_2 = \sqrt{\frac{2}{11}gL}}$, $\boxed{v_1 = 2\sqrt{\frac{2}{11}gL}}$.

ЗАДАЧА 4. (10 баллов)

Ответ: $\boxed{\frac{Q_{23}}{Q_{31}} = 0,8}$.

$$\boxed{Q_{23} = \frac{3}{2}(2P_0 4V_0 - P_0 4V_0) = 6P_0 V_0};$$

$$\boxed{Q_{31} = \frac{5}{2}(P_0 4V_0 - P_0 V_0) = \frac{15}{2}P_0 V_0}; \quad \boxed{\frac{Q_{23}}{Q_{31}} = 0,8}.$$



ЗАДАЧА 5. (10 баллов)

Ответ: $\boxed{T = 240K}$.

He	Ar
$\nu_{He} = 2$	$\nu_{Ar} = 3$
$T_{He} = 300$	$T_{Ar} = 200$

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 $U = \frac{3}{2}\nu_{He}RT_{He} + \frac{3}{2}\nu_{Ar}RT_{Ar} = \frac{3}{2}(\nu_{He} + \nu_{Ar})RT$.

Отсюда $T = \frac{\nu_{He}T_{He} + \nu_{Ar}T_{Ar}}{\nu_{He} + \nu_{Ar}} = \frac{2 \cdot 300 + 3 \cdot 200}{2 + 3} = \frac{600 + 600}{5} = 240K$. $\boxed{T = 240K}$.

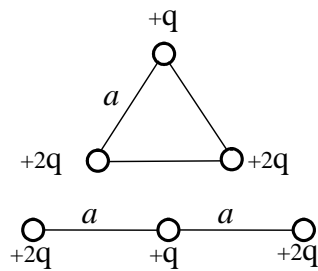
ЗАДАЧА 6. (10 баллов)

Ответ: $\boxed{A = \frac{q^2}{2\pi\epsilon_0 a}}$.

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

$$W_1 = k \frac{2q \cdot q}{a} + k \frac{q \cdot 2q}{a} + k \frac{2q \cdot 2q}{a} = 8k \frac{q^2}{a}.$$



Конечная энергия системы

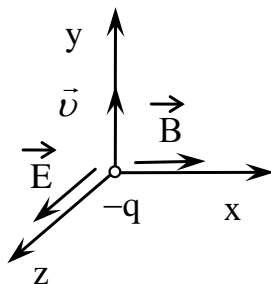
$$W_2 = k \frac{2q \cdot q}{a} + k \frac{2q \cdot 2q}{2a} + k \frac{q \cdot 2q}{a} = 6k \frac{q^2}{a}.$$

$$A = W_1 - W_2 = 8k \frac{q^2}{a} - 6k \frac{q^2}{a} = 2k \frac{q^2}{a} = \frac{q^2}{2\pi\epsilon_0 a}.$$

ЗАДАЧА 7. (10 баллов)

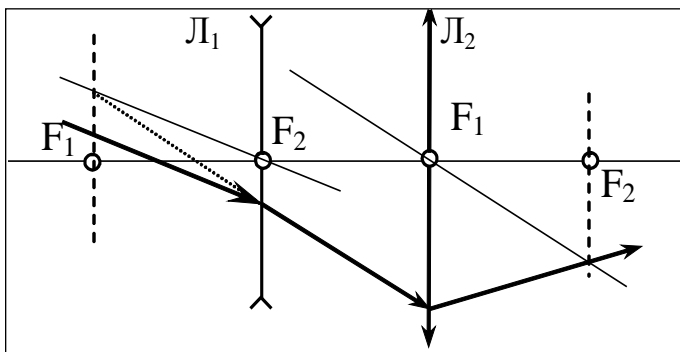
Ответ:

$$E = v \cdot B.$$



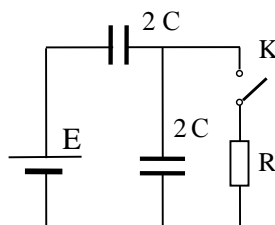
ЗАДАЧА 8. (10 баллов)

Ответ:



ЗАДАЧА 9. (12 баллов)

Ответ: $Q = \frac{1}{2} C \cdot E^2$.



конденсаторов

1) Ёмкость батареи

$$C_{\text{БАТ}} = \frac{2C \cdot 2C}{2C + 2C} = C.$$

2) Заряд на батарее конденсаторов

$$q_1 = C \cdot E$$

3) Энергия батареи конденсаторов $W_1 = \frac{C \cdot E^2}{2}$.

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

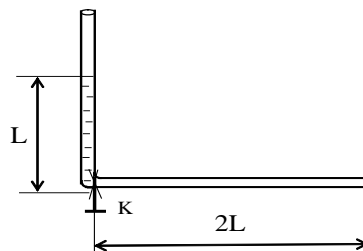
Работа батареи конденсаторов $A = E(q_2 - q_1) = E(2CE - CE) = CE^2$

Количество тепла, которое выделится на резисторе после замыкания ключа К

$$Q = A - (W_2 - W_1) = CE^2 - \left[C \cdot E^2 - \frac{1}{2} C \cdot E^2 \right] = \frac{1}{2} C \cdot E^2, \quad \boxed{Q = \frac{1}{2} C \cdot E^2}.$$

ЗАДАЧА 10. (12 баллов)

Ответ: $\tau = \frac{T}{4} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{L}{g}}$.



Воспользуемся законом сохранения энергии

$$W_o = W_{\text{кин}} + W_{\text{пот}} = \text{const}.$$

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

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

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

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

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

Итак, вытекание жидкости удовлетворяет уравнению гармонических

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

Скорость достигает максимального значения в тот момент, когда вся жидкость вытечет из вертикальной части трубки.

Время, через которое скорость жидкости достигнет максимального значения после открытия клапана, равно

$$\tau = \frac{T}{4} = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{L}{g}}.$$