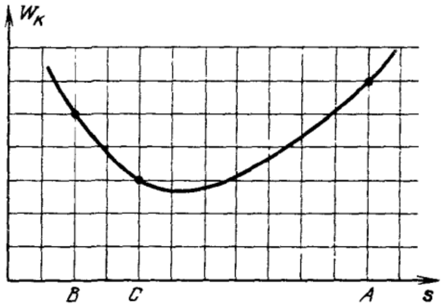
9 класс

Задача №1. Зависимость кинетической энергии $W_к$ тела от перемещения s при движении тела по прямой изображена на рисунке. Известно, что в точке A на тело действовала сила $F_A = 2$ $Н$. Определите, какие силы действовали на тело в точках B и C.



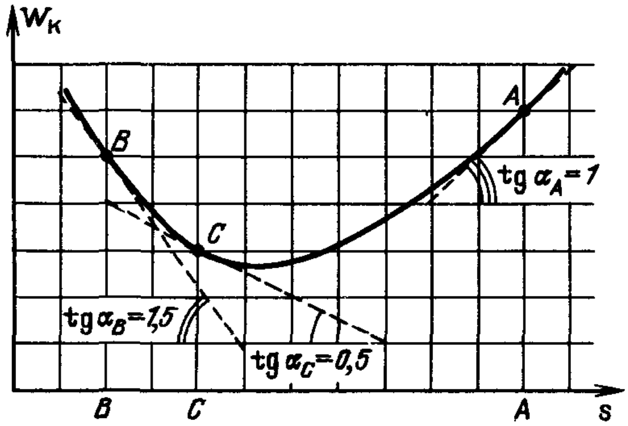
Решение

Изменение кинетической энергии тела W_k при небольшом перемещении ΔS записывается в виде

$$W_k = F \cdot \Delta S,$$

где F — сила, действующая на тело. Поэтому на графике зависимости кинетической энергии от перемещения при прямолинейном движении сила в некоторой точке траектории движения определяется как тангенс угла наклона касательной в соответствующей точке графика. Используя график, приведенный в условии задачи, построением находим

$$F_C \approx -1H, \quad F_B \approx -3H.$$



Ответ: $F_C \approx -1H$, $F_B \approx -3H$.

Задача №2. На пробку массой $m_{пр}$ намотана проволока из алюминия. Плотность пробки равна $\rho_{пр}$ = $0{,}5 \cdot 10^3$ $кг/м^3$, алюминия $\rho_{ал}$ = $2{,}7 \cdot 10^3$ $кг/м^3$, воды $\rho_в = 10^3$ $кг/м^3$. Определите, какую минимальную массу $m_{ал}$ проволоки надо намотать на пробку, чтобы пробка вместе с проволокой полностью погрузилась в воду.

Решение

Условием полного погружения тела является

$$M \geq \rho_B V,$$

где M – масса тела, V – его объем.

В нашем случае получим

$$M = m_{ПР} + m_{АЛ}, \quad V = \frac{m_{ПР}}{\rho_{ПР}} + \frac{m_{АЛ}}{\rho_{АЛ}}.$$

Отсюда следует, что минимальная масса проволоки равна

$$m_{АЛ} = \frac{\rho_{АЛ}(\rho_B - \rho_{ПР})}{(\rho_{АЛ} - \rho_B)\rho_{ПР}} m_{ПР} \approx 1{,}6 m_{ПР}.$$

Ответ: $\approx 1{,}6 m_{ПР}$.

Задача №3. В вертикальном цилиндре вместимостью *V* под невесомым поршнем находится *n* молей идеального одноатомного газа. Газ под поршнем теплоизолирован. На поршень положили груз массой *M*, в результате чего поршень переместился на расстояние *h*. Определите конечную температуру газа $T_к$, установившуюся после перемещения поршня, если площадь поршня равна *S*, атмосферное давление p_0.

Решение

Так как поршень, когда на него положили груз, переместился на расстояние h, то это означает, что объем газа уменьшился на величину hS стал равным $V - hS$. Давление газа под поршнем равно

$$p = p_0 + p_Г,$$

где p_0 - атмосферное давление;

$p_Г = \frac{Mg}{S}$ – давление, создаваемое грузом.

В результате можно записать уравнения Менделеева-Клапейрона для газа до того, как на поршень положили груз, и после этого:

$$p_0 V = \nu R T_H, \tag{1}$$

$$\left(p_0 + \frac{Mg}{S}\right)(V - hS) = \nu R T_K \tag{2}$$

Здесь T_H и T_K - начальная и конечная температуры газа.

Поскольку по условию задачи газ теплоизолирован, то, как следует из 1-го закона термодинамики, вся совершенная над ним работа A пойдет на изменение внутренней энергии газа, т.е.

$$A = \frac{3}{2}\nu R\left(T_K - T_H\right).$$

Нетрудно сообразить, что работа равна

$$A = Mgh. \qquad (3)$$

Вычитая почленно из (2) уравнение (1) и используя для $T_K - T_H$ выражение (3), получим уравнение для определения h:

$$\frac{MgV}{S} - Mgh - p_0 hS = \frac{2}{3}Mgh. \qquad (4)$$

Отсюда найдем, что

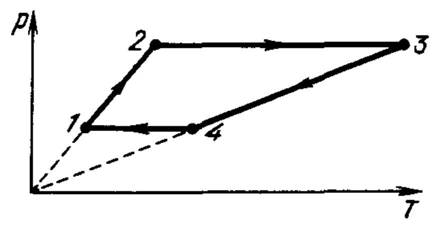
$$h = \frac{MgV}{S\left(p_0 S + Mg/3\right)}.$$

Подставляя h в уравнение (2), определим конечную температуру газа:

$$T_K = \frac{\left(p_0 S + Mg\right)\left(3p_0 S - 2Mg\right)V}{\left(3p_0 S + Mg\right)S\nu R}.$$

Ответ: $T_K = \dfrac{\left(p_0 S + Mg\right)\left(3p_0 S - 2Mg\right)V}{\left(3p_0 S + Mg\right)S\nu R}.$

Задача №4. С тремя молями идеального одноатомного газа совершен цикл, изображенный на рисунке. Температуры газа в различных состояниях равны: T_1 = 400 *К*, T_2 = 800 *К*, T_3 = 2400 *К* и T_4 = 1200 *К*. Найдите работу A газа за цикл.



Решение

Из рисунка видно, что на участках *1-2* и *3-4* реализуется прямая пропорциональная зависимость давления от температуры, т. е., как следует из закона Менделеева-Клапейрона, объем газа при этом не меняется, а значит, и работы газ не совершает. Необходимо, таким образом, найти работу газа лишь при изобарических процессах *2-3* и *4-1*. На участке *2-3* совершенная работа будет равна

$$A_{23} = P_2(V_3 - V_2),$$

а на участке *4-1*

$$A_{41} = P_1(V_1 - V_4).$$

Полная работа *A* газа за цикл равна

$$A = P_2(V_3 - V_2) + P_1(V_1 - V_4).$$

Уравнение Менделеева-Клапейрона для 3 молей идеального газа записывается в виде

$$PV = 3RT,$$

и, следовательно,

$$P_1V_1 = 3RT_1,$$
$$P_1V_4 = 3RT_4,$$
$$P_2V_2 = 3RT_2,$$
$$P_2V_3 = P_3V_3 = 3RT_3.$$

Подставляя эти значения в выражение для работы, окончательно получаем

$$A = 3R(T_1 + T_3 - T_2 - T_4).$$
$$A = 3 \cdot 8{,}31(400 + 2400 - 800 - 1200) = 2 \cdot 10^4 \text{ Дж}.$$

Ответ: $2 \cdot 10^4$ *Дж*.

Задача №5. Два небольших шарика массой *m* = 40 *г*, несущие одинаковый заряд *q* = 1 *нКл* каждый, соединены непроводящей нитью длиной 60 *см*. В некоторый момент времени середина нити начинает двигаться с постоянной скоростью *V* = 2 *м/с*, перпендикулярной направлению нити в начальный момент времени. Определите, на какое минимальное расстояние *d* сблизятся шарики.

Решение

Перейдем в инерциальную систему отсчета, связанную с движущимся центром нити. Тогда в начальный момент времени шарики имеют одинаковую скорость V. Первоначальный запас энергии в системе равен

$$W_1 = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 2l} + \frac{2mV^2}{2}.$$

В момент наибольшего сближения энергия системы равна

$$W_2 = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 d}.$$

Из закона сохранения энергии $(W_1 = W_2)$ получим ответ:

$$d = \frac{2lq^2}{q^2 + 8\pi\varepsilon_0 mV^2 l}.$$

Подставляя данные из условия и выполняя расчет, получаем: $d \approx 5{,}6 \cdot 10^{-8}$ *м*.

Ответ: $d \approx 5{,}6 \cdot 10^{-8}$*м*.