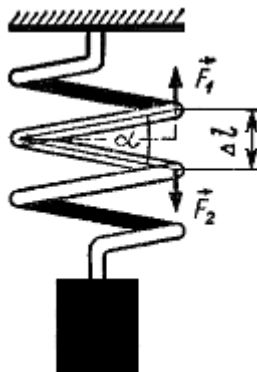


11 класс

11.1 Из двух одинаковых кусков стальной проволоки свили две пружины. Диаметр витков одной из них равен d , другой – $2d$. Первая пружина под действием некоторого груза растянулась на $1/10$ своей длины. На какую часть своей длины растянется под действием того же груза вторая пружина?

Решение



Удлинение Δl пружины можно выразить так:

$$\Delta l = n \cdot 2d \cdot \sin \frac{\alpha}{2},$$

где n – число витков пружины,

α – угол, на который разворачивается виток пружины.

Так как общее удлинение пружины мало, то этот угол мал и

$$\sin \frac{\alpha}{2} \approx \frac{\alpha}{2}.$$

Следовательно,

$$\Delta l = nd\alpha.$$

Угол α пропорционален моментам сил $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$, которые растягивают виток:

$$\alpha \sim Fd,$$

где $F = |\vec{F}_1| = |\vec{F}_2|$.

Так как силы $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$ по модулю равны весу $\vec{P}$ груза, подвешенного к пружине, то

$$\Delta l \sim nd^2 P.$$

Диаметр витков второй пружины вдвое больше, а число витков у нее вдвое меньше; следовательно, абсолютное удлинение второй пружины будет вдвое больше, чем первой. Таким образом, вторая пружина растянется на $\frac{2}{5}$ своей длины.

Ответ: вторая пружина растянется на $\frac{2}{5}$ своей длины.

11.2 Для нагревания 1 кг неизвестного газа на 1 К при постоянном давлении требуется 912 Дж, а для нагревания при постоянном объеме – 649 Дж. Что это за газ?

Решение

Когда газ нагревается при постоянном объеме, затрачиваемая энергия идет только на изменение внутренней энергии газа, а при постоянном давлении – еще и на совершение работы. Закон сохранения энергии для этих двух случаев запишется так:

$$mc_v \cdot \Delta t = \Delta W,$$

$$mc_p \cdot \Delta t = \Delta W + A,$$

где c_p – удельная теплоемкость газа при постоянном давлении,

c_v – удельная теплоемкость газа при постоянном объеме,

Δt – изменение температуры,

ΔW – изменение внутренней энергии газа,

m – масса газа,

$A = p \cdot \Delta V$ – совершенная при расширении газа работа,

ΔV – изменение объема,

p – давление.

Так как при одинаковом изменении температуры газа изменение его внутренней энергии одинаково независимо от того, происходит ли это нагревание при постоянном объеме или при постоянном давлении, то можно записать:

$$c_p m \cdot \Delta t = c_v m \cdot \Delta t + p \cdot \Delta V.$$

Пользуясь уравнением газового состояния, можно совершенную газом работу выразить через массу газа m и газовую постоянную R :

$$A = p \cdot \Delta V = \frac{m}{\mu} R \cdot \Delta t.$$

Подставляя получим:

$$c_p = c_v + \frac{R}{\mu},$$

Откуда

$$\mu = \frac{R}{c_p - c_v} \approx 32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}.$$

Неизвестный газ – кислород.

Ответ: кислород.

11.3 Одна из обкладок плоского конденсатора площадью S подвешена на пружине, а другая обкладка закреплена неподвижно (см. рисунок). Расстояние между пластинами в начальный момент равно l_0 . Конденсатор на короткое время подключили к батарее, и он зарядился до напряжения U . Какой должна быть жесткость k пружины, чтобы не происходило касания пластин в результате их взаимного притяжения после зарядки? Смещением пластины во время зарядки можно пренебречь.



Решение

При подключении к источнику конденсатор заряжается до напряжения U и его пластины приобретают заряды $+q$ и $-q$, по модулю равные

$$q = CU = \frac{\varepsilon_0 S U}{l_0}.$$

Верхняя заряженная пластина конденсатора при этом оказывается в поле заряда нижней пластины, и на нее действует сила

$$\vec{F} = q\vec{E},$$

где $\vec{E}$ – напряженность поля заряда нижней пластины.

Так как в плоском конденсаторе линейные размеры пластин много больше расстояния между пластинами то можно считать, что это поле совпадает с полем бесконечной равномерно заряженной плоскости. Напряженность такого поля не зависит от расстояния до плоскости и равна по модулю

$$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} = \frac{q}{2\varepsilon_0 S} = \frac{u}{2l_0},$$

где σ – поверхностная плотность заряда.

Под действием силы $\vec{F}$ верхняя пластина придет в движение, растягивая пружину. Эта сила, как и сила тяжести, не зависит от положения пластины. Сила же упругости $\vec{F}_{упр}$ пружины по модулю пропорциональна смещению. Поэтому пластина будет совершать гармонические колебания около положения равновесия, в котором

$$F + mg = F_{упр},$$

где m – масса пластины.

Амплитуда колебаний пластины будет равна расстоянию h между ее первоначальным положением и положением равновесия. Следовательно, пластины не будут соприкасаться, если расстояние h меньше половины первоначального расстояния l_0 между пластинами при незаряженном конденсаторе.

Обозначим Δx_0 деформацию пружины в первоначальном положении. Ее деформация в новом положении равновесия равна $\Delta x_0 + h$. В этом положении сила упругости пружины по модулю равна

$$F_{\text{упр}} = k(\Delta x_0 + h).$$

Так как при отсутствии на пластинах конденсатора зарядов верхняя пластина находилась в равновесии, то

$$mg = k \cdot \Delta x_0.$$

Подставив выражения для $F_{\text{упр}}$ и mg , получим

$$F + k \cdot \Delta x_0 = k(\Delta x_0 + h),$$

откуда

$$h = \frac{F}{k}.$$

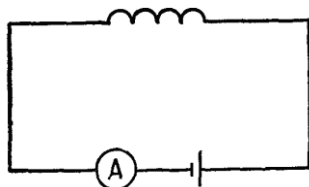
Таким образом, пластины не коснутся, если

$$\frac{F}{k} < \frac{1}{2}l_0,$$

то есть при

$$k > \frac{2F}{l_0} = \frac{2qE}{l_0} = \frac{\varepsilon_0 S U^2}{l_0^2}.$$

Ответ: $k > \frac{\varepsilon_0 S U^2}{l_0^2}.$



11.4 Как будет меняться ток в цепи соленоида (см. рисунок), если соленоид быстро распрямить, потянув за концы проволоки?

Решение

Вначале сила тока увеличивается, так как согласно закону Ленца ЭДС индукции направлена так, что противодействует уменьшению магнитного потока. Через некоторое время значение силы тока становится равным первоначальному.

11.5 Цветное стекло растерто в порошок, который кажется совершенно белым. Как узнать, каков был цвет стекла?

Решение

Надо погрузить порошок в жидкость с таким же показателем преломления, что и стекло. Тогда порошок перестанет рассеивать свет равномерно во все стороны и будет вести себя как целое стекло.