

Межведомственная олимпиада по физике

11 класс, 2021 год

1. Заряженная частица массой 1 мг находится в вакууме в электрическом поле неподвижного равномерно заряженного шара. Частицу удерживают в состоянии покоя на некотором расстоянии от центра шара, действуя на нее силой 1 мН. Затем частицу отпускают, и она начинает двигаться. Пройдя от исходного положения расстояние 1 м, частица приобретает скорость 1 м/с. Каково ускорение частицы в этот момент времени? Частица и шар заряжены одноименно.

$$\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{e^2 q}{4\pi\epsilon_0 r^2} = v$$

2. В горизонтально расположенном цилиндрическом сосуде длины L находятся n подвижных, физически бесконечно тонких, теплонепроницаемых поршней, делящих сосуд на $n + 1$ отсек. Первоначально объемы всех отсеков одинаковы, температура газов во всех отсеках равна T_0 . Затем газ в самом левом отсеке нагревают до температуры T ($T > T_0$). При этом в других отсеках поддерживают прежнюю температуру T_0 . На какое расстояние ΔL сместится самый правый поршень?

$$\frac{(L + \Delta L)(1 + \alpha)}{L} T = T_0$$

3. Центральная часть Земли — ядро — состоит из железа. Внутренняя часть ядра радиусом R твердая, а внешняя часть расплавлена. Ядро медленно остывает. Оценить, на сколько ΔR метров изменится радиус твердой части при остывании ядра на $|\Delta T|$ кельвинов. Удельная теплота плавления железа q , начальная температура ядра T , при затвердевании плотность железа увеличивается на величину $\Delta\rho$, малую по сравнению с самой плотностью. С увеличением давления температура плавления железа возрастает согласно уравнению $dP/dT = q/(T\Delta V)$, где ΔV — приращение удельного объема при плавлении, dP и dT — приращение давления и температуры соответственно.

$$\frac{dP}{dT} = \frac{q}{T\Delta V}$$

4. На жестко закрепленной цилиндрической серебряной струне массой m , длиной l и площадью поперечного сечения S при температуре $T = 0^\circ\text{C}$ возбуждают стоячую волну с максимальной длиной волны. Сила натяжения струны равна N , коэффициент жесткости — k , коэффициент линейного расширения — α , удельное сопротивление — ρ , удельная теплоемкость — c . Скорость

волны принять равной $V = \sqrt{\frac{N}{\lambda}}$, где λ — линейная плотность струны. Через струну пропускают постоянный электрический ток I . Объемным расширением, теплоотдачей и зависимостью сопротивления от температуры пренебречь. Найти частоту колебаний f через время t .

$$\frac{4m^2 S^2 \rho^2}{(N S c m - k \alpha l^2 \rho^2) (S c m + \alpha l^2 \rho^2)} \sqrt{\lambda} = \frac{4m^2 S^2 \rho^2}{(L \alpha + 1) (L \alpha - N)} \sqrt{\lambda} = f$$

5. Известно, что капля жидкости в невесомости принимает сферическую форму, обусловленную собственным поверхностным натяжением, величина которого определяется коэффициентом поверхностного натяжения σ . В этом случае на единицу поверхности капли радиуса R действует сила $P_L = 2\sigma/R$ (лапласовское давление), направленная внутрь поверхности и перпендикулярная ей. Пусть теперь на каплю поместили заряд q , равномерно распределенный по ее поверхности. Найти величину q , при которой капля может потерять сферическую форму. Величины σ и R известны. Используя полученное выражение для q , рассчитать q при $\sigma = 0,073$ Н/м и $R = 1$ см.

$$q = 4\pi R^2 \sigma$$