

10 класс. Вариант 7

1. На столбе на высоте $H = 10$ м укреплен тревожный звонок. Начался ураган, скорость ветра в урагане 20 м/с. В каком месте на земле звук тревоги будет слышен громче всего? Скорость звука 330 м/с.

Решение:

В отсутствие ветра звонок громче всего будет слышен непосредственно под точкой подвеса. При ветре, имеющем скорость V , эта точка будет перемещаться вместе с воздухом, ее расстояние от столба L будет определяться соотношением

$$\frac{H}{u} = \frac{L}{V}$$

Тогда

$$L = H \frac{V}{u} \approx 0,6 \text{ м}$$

2. Три одинаковых шара, связанных двумя одинаковыми пружинами, подвешены вертикально на нити, привязанной к верхнему шару. Какими будут ускорения шаров сразу после пережигания нити?

Решение:

В покое на нижний шар действуют сила тяжести и сила упругости, равная силе тяжести. На средний шар также действуют сила тяжести и силы упругости со стороны нижней и верхней пружин, причем сила упругости верхней пружины равна удвоенной силе тяжести. На верхний шар действуют сила тяжести, сила упругости пружины (в сумме – утроенная сила тяжести) и сила натяжения нити.

При пережигании нити силы упругости мгновенно измениться не могут, поэтому нижний и средний шары будут иметь нулевое ускорение, а верхний приобретет ускорение $3g$, направленное вниз.

3. Тепловая машина работает по циклу, состоящему из двух изобар и двух политроп, на которых давление газа p и объем V связаны соотношениями $p = \alpha_1 V$ и $p = \alpha_2 V$, где $\alpha_{1,2}$ - постоянные. Найдите к.п.д. тепловой машины, если в ней в качестве рабочего тела используется одноатомный идеальный газ. Отношение максимальной температуры в цикле к минимальной $n = 9$.

Решение:

$$\eta = 1 - \frac{\frac{1}{2} \cdot \frac{\alpha_1}{\alpha_2} + 2n - \frac{5}{2}}{\frac{\alpha_1}{\alpha_2} \left(2n - \frac{5}{2} \right) + \frac{1}{2}}$$

4. Имеются два тонких проволочных кольца радиусом $R = 0,3$ м каждое. Оси, перпендикулярные плоскостям колец, совпадают. Заряды колец равны q и $-q$

($|q| = 0,4 \text{ мкКл}$). Расстояние между центрами колец $l = 0,52 \text{ м}$. Найдите разность потенциалов между центрами колец.

Решение:

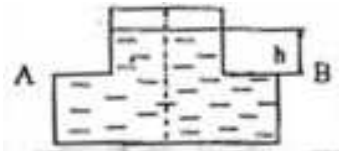
Потенциал в центре кольца равен

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R} - \frac{q}{4\pi\epsilon_0 (R^2 + l^2)^2}$$

Разность потенциалов равна

$$\Delta\varphi = \frac{q}{2\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{(R^2 + l^2)^2} \right) \approx 12 \text{ кВ}$$

5. Открытый бак, состоящий из двух соосных цилиндров диаметрами d и $2d$, заполнен жидкостью плотности ρ , как показано на рисунке. Бак стоит на полу лифта, который поднимается вверх с ускорением $a = 0,25 g$. Определите силу давления жидкости на горизонтальную поверхность АВ, соединяющую оба цилиндра. Атмосферное давление равно p_0 .



Решение:

Сила приложена вертикально вверх.

$$F = \frac{3}{4} \pi d^2 (p_0 + \rho(a + g)h)$$

6. На дне цилиндра, наполненного воздухом, плотность которого $\rho = 1,29 \text{ кг/м}^3$, лежит полый металлический шарик радиусом $r = 1 \text{ см}$ и массой $m = 5 \text{ г}$. До какого давления нужно изотермически при температуре $T = 290 \text{ К}$ сжать воздух в цилиндре, чтобы шарик всплыл? Воздух считать идеальным газом молярной массой $\mu = 29 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$.

Решение:

Чтобы шарик всплыл, нужно, чтобы его плотность стала не меньшей, чем плотность шарика. Это выполняется при давлении

$$p = \frac{3mRT}{4\pi r^3 \mu} \approx 992 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

7. Точечный заряд q находится на расстоянии h от плоской поверхности проводника, заполняющего все нижнее полупространство. С какой силой притягивается заряд к проводнику?

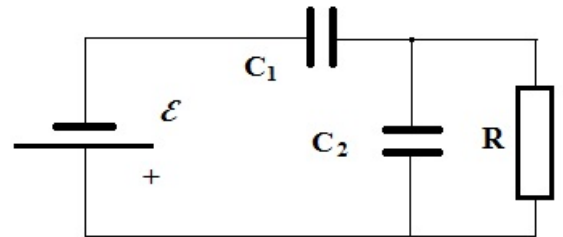
Решение:

Воспользуемся принципом зеркального отражения. Наведенный в проводящем полупространстве заряд имеет тот же модуль и противоположный знак. Его расстояние от границы раздела равно h .

В этом случае

$$F = \frac{q^2}{16\pi\epsilon_0 h^2}$$

8. В пространстве между пластинами плоского конденсатора C_1 происходит ионизация воздуха путем воздействия рентгеновского излучения такой мощности, что образуется $w = 2 \cdot 10^{12}$ пар носителей заряда за 1 с в 1 м^3 . Модуль заряда носителя составляет $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл. Все образовавшиеся носители долетают до пластин. Площадь пластин $S = 100 \text{ см}^2$, расстояние между ними $d = 5 \text{ мм}$. $C_2 = 10 \text{ мкФ}$, $R = 2 \text{ кОм}$. Определите заряд конденсатора C_2 .



Решение:

Ток в цепи создается только генерацией носителей в C_1 . Напряжение на C_2 равно напряжению на резисторе. Тогда

$$q_2 = C_2 w d S e R = 3,2 \cdot 10^{-15} \text{ Кл}$$

9. Нижний конец капилляра радиусом $r = 0,2 \text{ мм}$ и длиной $l = 8 \text{ см}$ погружен в воду, температура которой $T_H = 273 \text{ К}$ и постоянна. Температура верхнего конца капилляра $T_B = 373 \text{ К}$. На какую высоту поднимется вода в капилляре? Считать, что температура линейно изменяется по длине капилляра. Теплообменом с окружающим воздухом и тепловым расширением воды пренебречь. Коэффициент поверхностного натяжения воды изменяется в данном температурном диапазоне как $\sigma = (133,3 - 0,21T) \text{ мН/м}$. Вода полностью смачивает капилляр. Тепловым расширением воды можно пренебречь.

Решение:

Зависимость температуры от высоты

$$T(x) = \frac{T_B - T_H}{l} x$$

Условие равновесия столба жидкости

$$\rho g x = \frac{2\sigma}{r}$$

Подставляя в температурную зависимость коэффициента поверхностного натяжения зависимость температуры от высоты и выполнив необходимые преобразования, получим $x = 0,51$ м

10. Определите массу меди, нужной для проведения двухпроводной линии длиной $l = 5$ км. Напряжение на линии со стороны электростанции $U = 6,9$ кВ, передаваемая потребителю мощность $P = 60$ кВт. Допускаемое уменьшение напряжения на линии $n = 8$ %. Плотность меди $D = 8,9 \cdot 10^3$ кг/м³, удельное сопротивление $\rho = 1,75 \cdot 10^{-8}$ Ом·м.

Решение:

Мощность, передаваемая потребителю, определяет ток в линии

$$I = \frac{P}{U(1 - n)}$$

Сопротивление линии может быть определено как

$$r = \frac{n(n - 1)U^2}{P}$$

С другой стороны,

$$r = \rho \frac{l}{S} = \rho \frac{l^2 D}{m}$$

Получаем

$$m = \frac{\rho l^2 D P}{U^2 n(n - 1)} \approx 267 \text{ кг}$$