

Ф1. Тело, имея начальную скорость $v_0 = 5 \text{ м/с}$, двигаясь прямолинейно и равноускоренно, за третью секунду движения прошло путь 10 м. Определите ускорение тела.

Ответ: 2 м/с^2

За 2 секунды от начала движения тело прошло путь $S_2 = v_0 t_1 + \frac{at_1^2}{2}$, где $t_1 = 2 \text{ сек}$.

За 3 секунды от начала движения тело прошло путь $S_3 = v_0 t_2 + \frac{at_2^2}{2}$. где $t_2 = 3 \text{ сек}$.

Тогда путь, пройденный за третью секунду $S_{32} = S_3 - S_2 = v_0(t_2 - t_1) + \frac{a}{2}(t_2^2 - t_1^2)$.

Выражаем ускорение $a = \frac{2S_{32}}{t_2^2 - t_1^2} - \frac{2v_0}{t_2 - t_1} = 2 \text{ м/с}^2$.

Ф2. Расположите в пространстве несколько точечных электрических зарядов так, чтобы в состоянии покоя система этих зарядов находилась в равновесии. Количество, величины и координаты зарядов вы можете выбрать сами. Необходимо проверить равенство нулю суммы электростатических сил, действующих на каждый из зарядов предложенной вами системы. Ненулевых зарядов в системе должно быть больше одного. Можете привести несколько примеров.

Приведём наиболее простое решение, хотя годятся и любые другие, удовлетворяющие условию задачи.

Возьмём два одинаковых заряда – они будут отталкиваться. Разместим ровно посередине между ними маленький заряд противоположного знака. Сила, действующая на этот заряд, равна 0 из-за симметрии конфигурации. Пока заряд маленький, он не оказывает существенного влияния на отталкивание крайних зарядов. Если же центральный заряд сделать, наоборот, очень большим, крайние заряды к нему будут притягиваться сильнее, чем отталкиваться друг от друга. Значит, существует и промежуточное значение центрального заряда, когда сила притяжения крайних зарядов к нему в точности компенсирует силу отталкивания крайних зарядов друг от друга.

Ф3. В двух сосудах налиты одинаковые объёмы различных жидкостей. Если брусок из пластмассы поместить в первый сосуд, то он плавает в нём, причём, сторона бруска, имеющая длину $a = 5 \text{ см}$, перпендикулярна поверхности жидкости, и высота выступающей части равна $h_1 = 2 \text{ см}$. Если этот брусок поместить во второй сосуд, то высота выступающей части станет $h_2 = 3 \text{ см}$. Какой будет величина выступающей части h , если жидкости слить в один сосуд? (Жидкости смешиваются без изменения суммарного объёма.)

Ответ: 2,6 см

Пусть m – масса бруска, S – площадь его горизонтального сечения, ρ_1 и ρ_2 – плотности жидкостей в 1-м и 2-м сосудах. Тогда условия плавания бруска в этих жидкостях будут иметь вид:

$mg = (a - h_1)S\rho_1 g$ и $mg = (a - h_2)S\rho_2 g$. Отсюда можно найти ρ_1 и ρ_2 .

При сливании жидкостей в один сосуд объём образовавшейся смеси по условию равен сумме объёмов компонент, которые, в свою очередь, равны друг другу. Отсюда следует, что плотность смеси будет

$$\rho = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2} = \frac{m}{2S} \left(\frac{1}{a - h_1} + \frac{1}{a - h_2} \right).$$

Условие плавания бруска в смеси имеет вид: $mg = (a - h)S\rho g$. Из последних двух соотношений

$$\text{получаем: } h = \frac{a(h_1 + h_2) - 2h_1 h_2}{2a - (h_1 + h_2)} = 2,6 \text{ см}.$$

Ф4. К источнику тока с ЭДС 9 В и внутренним сопротивлением 1 Ом подключили параллельно соединённые резистор с сопротивлением 8 Ом и плоский конденсатор, расстояние между пластинами которого 0,002 м. Какова напряжённость электрического поля между пластинами конденсатора?

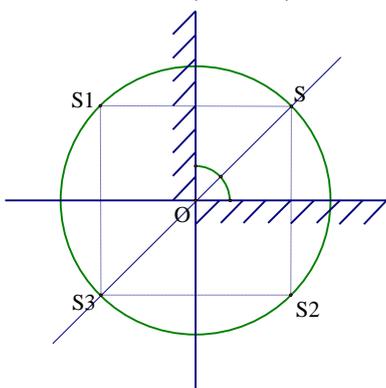
Ответ: 4 кВ/м

Закон Ома для полной цепи: $I = \frac{\varepsilon}{r + R}$, где ε - ЭДС источника тока, r - внутреннее сопротивление цепи, а R - резистор. Значения напряжения на конденсаторе и параллельно подсоединённом резисторе одинаковы и равны $U = IR$. В однородном электрическом поле конденсатора $U = Ed$, где E - напряжённость поля, а d - расстояние между пластинами.

Следовательно, $E = \frac{U}{d} = \frac{IR}{d} = \frac{\varepsilon R}{d(r + R)} = 4 \text{ кВ/м}$

Ф5. Два плоских зеркала расположены под прямым углом друг к другу. Источник света помещён симметрично зеркалам на расстоянии 10 см от линии их пересечения. Определите расстояние между мнимыми изображениями источника в зеркалах.

Ответ: 20 см, 14 см, 14 см



Число мнимых изображений источника света S , когда он находится на биссектрисе угла α , образованного двумя плоскими зеркалами находится по формуле: $N = \frac{2\pi}{\alpha} - 1$. Тогда при $\alpha = 90^\circ$ $N = 3$.

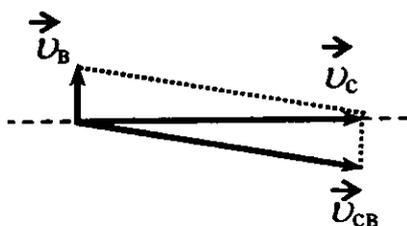
Три мнимых изображения S_1, S_2, S_3 показаны на рисунке, они находятся в вершинах квадрата $SS_1S_2S_3$. Так как $OS = 10$, то $S_1S_2 = 20$.

Сторона квадрата $S_1S_3 = S_2S_3 = OS\sqrt{2} \approx 14$.

Таким образом, расстояние между изображениями S_1 и S_2 будет 20 см, а между S_1 и S_3 и между S_2 и S_3 - 14 см.

ФС1. В безветренную погоду самолёт затрачивает на перелёт между городами 6 часов. Если во время полёта дует постоянный боковой ветер перпендикулярно линии полёта, то самолёт затрачивает на перелёт на 9 минут больше. Найдите скорость ветра, если скорость самолёта относительно воздуха постоянна и равна 328 км/ч.

Ответ: 72 км/ч = 20 м/с



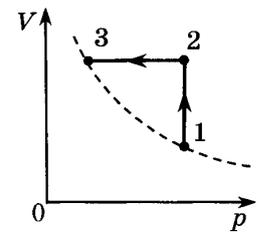
Путь, пройденный самолётом в первом случае: $S = v_{cv}t_1$, где \vec{v}_{cv} - скорость самолёта относительно воздуха. Закон сложения скоростей в векторном виде для перелёта во время ветра $\vec{v}_c = \vec{v}_{cv} + \vec{v}_g$, где \vec{v}_c - скорость самолёта относительно Земли, \vec{v}_g - скорость ветра.

Найдём модуль скорости самолёта относительно Земли для перелёта во время ветра: $v_c = \sqrt{v_{cv}^2 - v_g^2}$

Тогда путь, пройденный самолётом в этом случае, $S = v_c t_2 = \sqrt{v_{cv}^2 - v_g^2} \cdot t_2$.

Приравняв расстояния, находим $v_g = \frac{v_{cv} \cdot \sqrt{t_2^2 - t_1^2}}{t_2} = 72 \text{ км/ч} = 20 \text{ м/с}$.

ФС2. Один моль идеального одноатомного газа сначала изобарически нагрели, а затем охладили при постоянном объёме до первоначальной температуры 300 К, уменьшив давление в 3 раза (см. рисунок). Какое количество теплоты сообщили газу на участке 1-2?



Ответ: 12,5 кДж

По первому закону термодинамики $Q_{1,2} = \Delta U_{1,2} + A_{1,2}$, где $\Delta U_{1,2} = \frac{3}{2} \nu R(T_2 - T_1)$, $A_{1,2} = \nu R(T_2 - T_1)$.

Согласно закону Шарля: $\frac{P_3}{T_3} = \frac{P_2}{T_2}$. Учитывая, что $p_2 = 3p_3$, получаем: $Q_{1,2} = 5\nu RT_1 \approx 12,5$ кДж.

ФС3. Полый металлический шарик массой 3 г подвешен на шёлковой нити длиной 50 см над положительно заряженной плоскостью, создающей однородное электрическое поле напряжённостью $2 \cdot 10^6$ В/м. Электрический заряд шарика отрицателен и по модулю равен $6 \cdot 10^{-8}$ Кл. Определите циклическую частоту свободных гармонических колебаний данного маятника.

Ответ: 10 c^{-1}

Если бы нити не было, то шарик падал бы с ускорением, равным не g , а $g + \frac{qE}{m}$, где qE - сила действия электрического поля напряжённости E на заряд q . Поэтому в формуле для собственной частоты колебаний математического маятника нужно вместо g поставить $g + \frac{qE}{m}$. Таким образом,

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{g + \frac{qE}{m}}{l}} = \sqrt{\frac{10 + \frac{6 \cdot 10^{-8} \cdot 2 \cdot 10^6}{3 \cdot 10^{-3}}}{0,5}} = 10(\text{c}^{-1}).$$

ФС4. Простой колебательный контур содержит конденсатор ёмкостью $C = 1$ мкФ и катушку индуктивности $L = 0,01$ Гн. Какой должна быть ёмкость конденсатора, чтобы циклическая частота колебаний электрической энергии в контуре увеличилась на $\Delta\omega = 2 \cdot 10^4 \text{ c}^{-1}$?

Ответ: 0,25 мкФ.

Период колебаний энергии конденсатора в два раза меньше периода колебаний в контуре:

$$T = \pi\sqrt{LC}. \quad (1)$$

$$\text{Циклическая частота колебаний электрической энергии в контуре: } \omega = \frac{2\pi}{T}. \quad (2)$$

$$\text{Изменение циклической частоты: } \Delta\omega = \omega_2 - \omega_1. \quad (3)$$

$$\text{Подставляя (1) и (2) в (3), можно выразить } C_2 = \frac{4C_1}{(\Delta\omega\sqrt{LC_1} + 2)^2} = 0,25 \text{ мкФ}.$$

ФС5. Электромагнитное излучение с длиной волны $3,3 \cdot 10^{-7}$ м используется для нагревания воды. Какую массу воды можно нагреть на 10°C за 700 с, если источник излучает 10^{20} фотонов за секунду? (Считать, что излучение полностью поглощается водой.)

Ответ: 1 кг

Формула для энергии фотона: $E_1 = \frac{hc}{\lambda}$. (1)

Энергия всех фотонов, излучаемых за время t : $E = E_1 N t$ (2)

Количество теплоты, необходимое для нагревания воды: $Q = c_{\text{вод}} m \Delta T$. (3)

Из закона сохранения энергии $E = Q$, решая систему (1)-(3), получим:

$$m = \frac{hcN}{c_{\text{вод}} \Delta T \lambda \tau} t = 1 \text{ кг.}$$