

Ф1. Рассмотрим момент времени, когда первый автобус колонны подъехал к дорожному знаку. Последний автобус в этот момент находится на расстоянии l км от знака. Двигаясь со скоростью 60 км/ч, он проедет это расстояние за время $\frac{1\text{км}}{60\text{км/ч}} = \frac{1}{60}$ ч = 1 мин. Первый автобус со скоростью 30 км/ч (т. е. в 2 раза меньше) успеет уехать за это время от дорожного знака на вдвое меньшее расстояние, т. е. на $0,5$ км = 500 м. После этого все автобусы будут ехать с постоянной скоростью 30 км/ч, поэтому расстояние между первым и последним автобусом (это и есть длина колонны) меняться не будет. Мы получили ответ: 500 м. (Автобусы едут медленнее, но более плотно).

Ф2. Чем больше скорость воздушного потока, тем меньше давление в нем – таково следствие уравнения Бернулли. Поэтому в потоке воздуха, врывающегося в вагон через раскрытые окна, давление меньше, чем в окружающем поезд более спокойном воздухе. И если скорость, с которой выбрасывают мусор из окна, невелика, то разница давлений между спокойным воздухом и воздушным потоком забрасывает его обратно в вагон, туда, где давление меньше.

Ф3. Пусть T – установившаяся температура воды в ванне. За время Δt в ванну поступает масса $m\Delta t$ нагретой воды. Она перемешивается с водой, которая уже была в ванне, и остывает от температуры T_1 до температуры T . У вытекающей из ванны воды температура тоже T . Тогда тепло, которое выделяется при остывании воды от температуры T_1 до температуры T , $Q = Cm\Delta t(T_1 - T)$.

Оно, в свою очередь, должно равняться количеству тепла $Q = k(T - T_0)\Delta t$, отдаваемому ванной в окружающую среду. Отсюда $Cm(T_1 - T) = k(T - T_0)$, и

$$T = \frac{CmT_1 + kT_0}{Cm + k} \approx 29^\circ\text{C}$$

Ф4. Распрямлённая спираль обладает лучшей теплоотдачей, чем обычная (соседние витки нагревают друг друга). Сопротивление металлов при повышении температуры увеличивается (по крайней мере "обычных", из которых делают спирали электроплиток, и в характерных для электроплиток интервалах температур).

Следовательно, при одном и том же протекающем токе сопротивление обычной спирали будет больше, так как, ввиду меньшей теплоотдачи, больше будет её температура. Однако из условия задачи скорее следует, что одинаковым было напряжение, поданное на спираль, а не сила тока (если и в первом, и во втором случае спираль подключали к одному и тому же источнику тока, например, к электросети). Легко убедиться, что и в этом случае решение остаётся верным. Предположим обратное (что у закрученной спирали сопротивление меньше или равно сопротивлению распрямлённой). Тогда температура закрученной спирали также будет больше (выделяемая тепловая мощность, увеличивающаяся с уменьшением сопротивления, не меньше, а теплоотдача хуже). Следовательно, и сопротивление, возрастающее с температурой, должно быть больше – противоречие.

Ф5. В системе отсчёта, в которой ось второго стержня неподвижна, линейная скорость его поверхности равна $v_2 = w_2 r_2$. В месте сцепления поверхностей стержней составляющая этой скорости, перпендикулярная оси первого стержня (и равная $w_2 r_2 \cos \alpha$) передаётся поверхности первого стержня (т. к. вокруг своей оси он может вращаться свободно), а параллельная составляющая теряется (происходит проскальзывание, т. к. вдоль своей оси первый стержень перемещаться не может). Таким образом, линейная скорость поверхности первого стержня равна

$$v_1 = w_2 r_2 \cos \alpha, \text{ а угловая скорость его вращения соответственно } w_1 = \frac{v_1}{r_1} = \frac{r_2}{r_1} w_2 \cos \alpha.$$

ФС1. Парциальное давление водяного пара при относительной влажности $f_1 = 30\%$ равно $p_1 = \frac{f_1 p_n}{100\%}$. Из уравнения Менделеева-Клапейрона $p_1 V = \frac{m_1}{M} R(t + 273^\circ C)$ находим начальную

массу пара, содержащегося в комнате: $m_1 = \frac{f_1 p_n M V}{R(t + 273^\circ C) 100\%}$. Аналогично, при относительной

влажности $f_2 = 70\%$ масса пара $m_2 = \frac{f_2 p_n M V}{R(t + 273^\circ C) 100\%}$.

Увлажнитель воздуха должен работать с производительностью μ время $\tau = \frac{m_2 - m_1}{\mu}$.

Получаем ответ: $\tau = \frac{p_n (f_2 - f_1) M V}{\mu R(t + 273^\circ C) 100\%} \approx 16$ мин.

ФС2. При движении по окружности согласно второму закону Ньютона равнодействующая силы тяжести и силы упругости создаёт центростремительное ускорение $m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{F}$ (1).

Сила давления на сидение N по третьему закону Ньютона равна по модулю силе упругости F , действующей на человека: $|\vec{N}| = |\vec{F}|$ (2)

Из кинематических условий центростремительное ускорение равно: $a = \frac{v^2}{R}$ (3)

Из уравнений (1), (2) и (3) следует: $v = \sqrt{aR} = \sqrt{\left(g + \frac{N}{m}\right)R} = 10$ м/с.

ФС3. При переходе из начального в конечное состояние объём газа увеличился, следовательно, газ совершил работу A' . По первому закону термодинамики $\Delta U = Q - A$. Переданное газу количество теплоты Q равно сумме изменения внутренней энергии газа ΔU и работы A' , совершённой газом: $Q = \Delta U + A', Q = U_3 - U_1 + A'$.

Внутренняя энергия газа в состояниях 1 и 3 выражается через значения давления и объёма газа:

$$U_1 = \frac{3}{2} p_1 V_1, U_3 = \frac{3}{2} p_3 V_3$$

Работа A' при переходе газа из состояния 1 в состояние 3 равна: $A' = p_1 \Delta V$. Тогда количество

теплоты $Q = \frac{3}{2} (p_3 V_3 - p_1 V_1) + p_1 \Delta V$. Численное значение $Q = \frac{3}{2} (3 \cdot 10^4 \cdot 3 - 10^4 \cdot 1) + 10^4 \cdot 2 = 14 \cdot 10^4$ Дж

будет положительным. Это означает, что газ получил это количество теплоты.

ФС4. В начальном состоянии заряд на каждом конденсаторе $q = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} E$, энергия системы:

$$W_0 = \frac{q^2}{2C_1} + \frac{q^2}{2C_2} = \frac{C_1 C_2 E^2}{2(C_1 + C_2)}$$

При подключении резистора к конденсатору C_2 этот конденсатор полностью разрядится, а конденсатор C_1 зарядится до напряжения E .

Конечная энергия системы $W = \frac{C_1 E^2}{2}$. При перезарядке конденсаторов источник переместит по цепи заряд $q = (C_1 - \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2})E$, совершив работу $A = qE = \frac{C_1^2 E^2}{C_1 + C_2}$. По закону сохранения энергии

$$A + W_0 = W + Q.$$

Отсюда $Q = \frac{C_1^2 E^2}{2(C_1 + C_2)} = 1,25 \cdot 10^{-3}$ Дж.

Было бы ошибкой считать, что изменение энергии системы равно количеству выделившейся теплоты, и не учесть работу источника. Кроме того, важно понимать, что источник совершает отрицательную работу, т.к. заряд проходит через источник против направления сторонних сил.

ФС5. Пусть длина маятника равна d . Тогда период его колебаний равен $T = \frac{N}{f} = 2\pi \sqrt{\frac{d}{g}}$.

Откуда $d = \frac{gN^2}{4\pi^2 f^2} = 1$ м.

Видно, что длина изображения маятника на плёнке $l \ll d$. Это означает, что искомое расстояние L от камеры до маятника намного превышает фокусное расстояние объектива ($L \gg F$).

Отсюда, в свою очередь, следует, что изображение маятника находится очень близко к фокусу (то есть, расстояние от объектива до плёнки, на которой получается изображение, почти равно F).

Таким образом, $\frac{d}{l} \approx \frac{L}{F}$. Откуда, $L \approx \frac{Fd}{l} = \frac{FgN^2}{4\pi^2 f^2 l} = 7$ м.