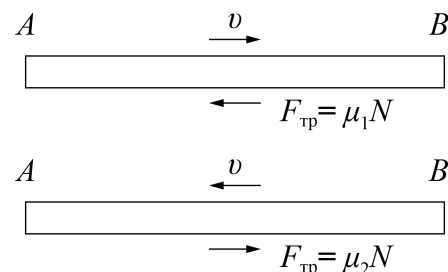


Всероссийская олимпиада школьников по физике

10 класс, заключительный этап, 2020/21 год

ЗАДАЧА 1. При использовании специальной технологии обработки полимерных материалов можно добиться анизотропии свойств их поверхности. Например, движение полоски из полиэтилена по горизонтальной поверхности стола в направлении AB (на рис. 1 вправо), характеризуется коэффициентом трения μ_1 , а движение в направлении BA — коэффициентом трения $\mu_2 < \mu_1$. Если подвергнуть лежащую на столе полоску длины l циклическому нагреванию-охлаждению, то можно заметить, что полоска перемещается по поверхности стола.



1. В каком направлении (AB или BA) сместится полоска при большом количестве циклов?
2. На какое расстояние переместится полоска за N циклов нагревания-охлаждения, если разность максимальной и минимальной температур в цикле равна ΔT ? Ответ запишите в виде формулы.
3. Вычислите, на какое расстояние переместится полоска длины $l = 20$ см за $N = 100$ циклов нагрева-охлаждения, если разность максимальной и минимальной температур в цикле равна ΔT ? Ответ запишите в виде формулы.
4. Вычислите, на какое расстояние переместится полоска длины $l = 20$ см за $N = 100$ циклов нагрева-охлаждения при изменении её температуры на $\Delta T = 80^\circ\text{C}$. Значения коэффициентов трения $\mu_1 = 0,15$, $\mu_2 = 0,05$.

Считайте, что при изменении температуры полиэтилена на ΔT , его длина изменяется на величину $\Delta l = \alpha l \Delta T$, где l — длина полоски при комнатной температуре, $\alpha = 2 \cdot 10^{-4} \text{C}^{-1}$ — коэффициент температурного расширения полиэтилена. Полоска имеет постоянную толщину, не изгибается и прижимается к столу равномерно всей поверхностью. Нагревание и охлаждение происходят медленно.

$$N \Delta X = N \frac{\mu_1 + \mu_2}{2} l \Delta T \quad (1) \text{ вправо; } (2) \Delta X = N \frac{\mu_1 - \mu_2}{2} l \Delta T \quad (3) \Delta X = 16 \text{ см}$$

ЗАДАЧА 2. На вход гладкой прямолинейной трубы постоянного сечения S , ось которой горизонтальна, поступает идеальный многоатомный газ, движущийся со скоростью v_1 . Давление газа на входе в трубу равно P_1 , плотность — ρ_1 . Давление газа на выходе из трубы равно $P_2 = P_1 + \Delta P$. Определите:

1. плотность ρ_2 и скорость v_2 газа на выходе из трубы;
2. отношение температур газа T_2/T_1 на выходе и на входе в трубу соответственно;
3. тепловую мощность N , выделяемую трубой в окружающую среду.

Считайте, что в любом перпендикулярном сечении трубы плотность и давление газа не изменяются со временем. Считайте, что во входном сечении плотность и давление газа во всех точках одинаковы. То же относится и к выходному сечению.

См. конспект

ЗАДАЧА 3. В соответствии с одной из моделей омметра он состоит из идеального источника постоянного напряжения \mathcal{E} (с нулевым внутренним сопротивлением) и соединённых с ним последовательно резистора сопротивлением r и идеального амперметра (см. рис.). При подключении исследуемого резистора к клеммам A и B встроенный амперметр показывает силу тока, которая затем пересчитывается в величину измеряемого сопротивления и отображается на индикаторе омметра. Если подключить к выводам такого омметра диод, вольтамперная характеристика которого приведена на рис. 3, то он покажет сопротивление $R_D = 6$ кОм.

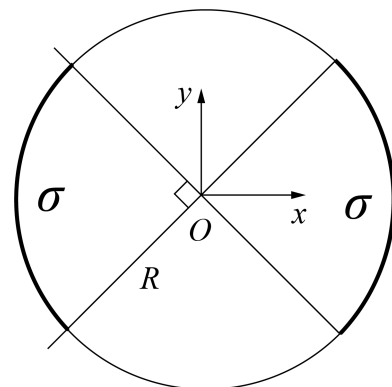
Если к этому диоду добавить последовательно резистор с сопротивлением $R = 20$ кОм и измерить сопротивление получившейся пары омметром, то он покажет $R_1 = 30$ кОм. Если вместо резистора и диода подключить к омметру идеальную батарейку с напряжением $U_B = 3$ В (полярность подключения неизвестна!), то он покажет отрицательное сопротивление $R_B = -7,5$ кОм ($R_B < 0$). По этим данным определите:

1. величину напряжения \mathcal{E} внутреннего источника омметра;
2. величину внутреннего сопротивления r омметра;
3. напряжение U_0 , при котором открывается диод;
4. показания R_{B1} омметра при подключении к нему той же батарейки, но с изменением полярности.

Примечание. Амперметр, встроенный в омметр, измеряет силу тока с учётом его направления. Если ток течёт через амперметр в обратном направлении, то его величина определяется как отрицательная. Омметр выполняет все вычисления с учётом знаков.

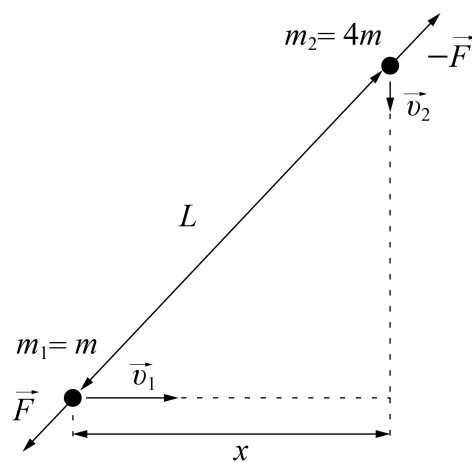
$$(1) \mathcal{E} = -U_B \frac{R_B}{r+R_B} = 9 \text{ В}; (2) r = \frac{R_1 - R_D - R}{R_D} = 30 \text{ кОм}; (3) U_0 = \frac{\mathcal{E}}{r} = 1,5 \text{ В}; (4) R_{B1} = r \frac{\mathcal{E} - U_B}{U_B} = 15 \text{ кОм}$$

ЗАДАЧА 4. Бесконечный тонкостенный диэлектрический цилиндр радиуса R разбили вдоль оси вращения на равные «четвертинки». Две противоположные четвертинки зарядили равномерно с поверхностной плотностью заряда $\sigma > 0$, а другие две оставили незаряженными. Найдите векторы напряжённости электрического поля цилиндра в точках, близких к его центру и имеющих координаты $(x; 0)$ и $(0; y)$. Считайте $x, y \ll R$. Координатные оси Ox и Oy направлены вдоль биссектрис прямых углов (см. рис.).



$$0 = x_i E_i; \quad \frac{0 \pm y_j y_j}{R^2} = \frac{6}{R} E_j$$

ЗАДАЧА 5. Два автономных исследовательских зонда движутся навстречу друг другу с выключенными двигателями в глубоком космосе вдали от других тел курсами, пересекающимися под прямым углом. Масса первого зонда равна $m_1 = m$, а его скорость $v_1 = v$. Масса второго зонда $m_2 = 4m$, а скорость $v_2 = v/3$. В момент времени, когда расстояние между зондами становится равным L , а расстояние от первого зонда до точки пересечения траекторий — x , на обоих зондах включаются двигатели с постоянной по модулю силой тяги F , при этом вектор силы тяги в любой момент времени направлен противоположно направлению на другой зонд. Рисунок приведён для момента включения двигателей. Двигатели выключаются, когда расстояние между зондами становится равным $2L$. Размеры зондов малы по сравнению с L , а их гравитационным взаимодействием можно пренебречь.



1. При каком значении $x = x_{кр}$ произошло бы столкновение зондов, если бы двигатели на них не выключались?
2. Найдите минимальное значение силы тяги F_{\min} , при котором зонды не столкнутся, если $x = x_{кр}$.
3. Пусть величины сил тяги двигателей равны $F = F_{\min} + dF$ ($dF \ll F_{\min}$), а $x = x_{кр}$. Найдите **вектор** конечной скорости первого зонда в виде $\alpha \vec{v}_1 + \beta \vec{v}_2$.
4. Пусть сила тяги двигателей равна F , а $x = x_1$ ($x_1 > x_{кр}$). Найдите **модуль** конечной скорости первого зонда относительно второго.

$$\frac{m_1 z}{7 F \varepsilon} + \frac{6}{z^2 01} \Lambda = \text{н.л.о.л.} (\text{v} : (\underline{z} \wedge \text{I}) z_2 \frac{\varepsilon}{v} + (\underline{z} \wedge \text{v} - \text{I}) \text{I}_2 \frac{\varepsilon}{\text{I}} = \text{v}_2 (\varepsilon : \frac{76}{z^2 \text{v}} = \text{u.ш.} \text{I} (\underline{z} : \frac{01 \wedge}{7 \varepsilon} = \text{d.ш.} \text{I} (\text{I}$$

Ответ к задаче 2

1) $\rho_2 \frac{\rho_1^2 v_1^2}{\rho_1 v_1^2 - \Delta P}$, $v_2 = v_1 - \frac{\Delta P}{\rho_1 v_1}$

2) $\frac{T_2}{T_1} = \left(1 + \frac{\Delta P}{P_1}\right) \left(1 - \frac{\Delta P}{\rho_1 v_1^2}\right)$

3) $N = \rho_1 S v_1 \left(\frac{v_1^2}{2} \left(1 - \left(1 - \frac{\Delta P}{\rho_1 v_1^2}\right)^2\right) + \frac{4P_1}{\rho_1} \left(1 - \left(1 + \frac{\Delta P}{P_1}\right) \left(1 - \frac{\Delta P}{\rho_1 v_1^2}\right)\right) \right)$