Теоретический тур, 10 класс

1. Ползущая полоска

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.

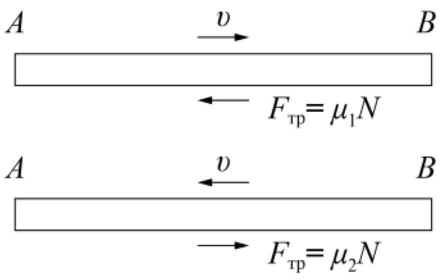

Рис. 1

$\boxed{1}$ В каком направлении (AB или BA) сместится полоска при большом количестве циклов?

$\boxed{2}$ 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.

$\boxed{3}$ Вычислите, на какое расстояние переместится полоска длины $l = 20$ см за $N = 100$ циклов нагрева-охлаждения при изменении ее температуры на $\Delta T = 80\,°\mathrm{C}$. 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, $\alpha = 2 \cdot 10^{-4}\,°\mathrm{C}^{-1}$- коэффициент температурного расширения полиэтилена. Полоска имеет постоянную толщину, не изгибается и прижимается к столу равномерно всей поверхностью. Нагревание и охлаждение происходят медленно.

2. Газовая батарея

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:

$\boxed{1}$ плотность ρ_2 и скорость v_2 газа на выходе из трубы;

$\boxed{2}$ отношение температур газа T_2/T_1 на выходе и на входе в трубу соответственно;

$\boxed{3}$ тепловую мощность N, выделяемую трубой в окружающую среду.

Считайте, что в любом сечении трубы плотность и давление газа постоянны и не зависят от времени. Вязким трением можно пренебречь.

3. Что измеряют омметром?

В соответствии с одной из моделей омметра он состоит из идеального источника постоянного напряжения $\mathcal{E}$ (с нулевым внутренним сопротивлением) и соединенных с ним последовательно резистора сопротивлением r и идеального амперметра (рис. 2). 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.

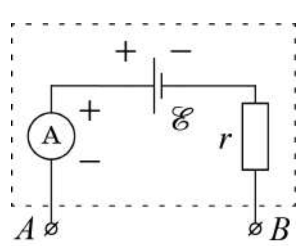

Рис. 2

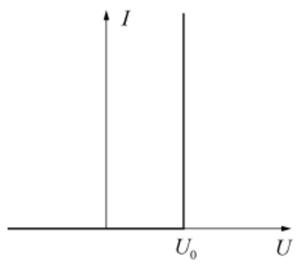

Рис. 3

Если к этому диоду добавить последовательно резистор 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 $U_Б = 3$ В (полярность подключения неизвестна!), то он покажет отрицательное сопротивление $R_Б = -7,5$ кОм ($R_Б < 0$). По этим данным определите:

$\boxed{1}$ величину напряжения $\mathcal{E}$ внутреннего источника омметра;

$\boxed{2}$ величину внутреннего сопротивления r омметра;

$\boxed{3}$ напряжение U_0, при котором открывается диод;

$\boxed{4}$ показания $R_{Б1}$ омметра при подключении к нему той же батарейки, но с изменением полярности.

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

4. Частично заряженный цилиндр

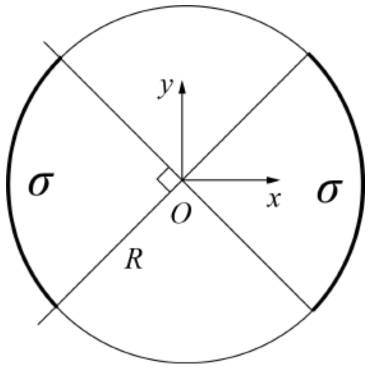

Рис. 4

Бесконечный тонкостенный диэлектрический цилиндр радиуса R разбили вдоль оси вращения на равные «четвертинки». Две противолежащие четвертинки зарядили равномерно с поверхностной плотностью заряда $\sigma > 0$, а другие две оставили незаряженными.

$\boxed{1}$ Найдите векторы напряженности 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 (рис. 4).

5. Разлетающиеся зонды

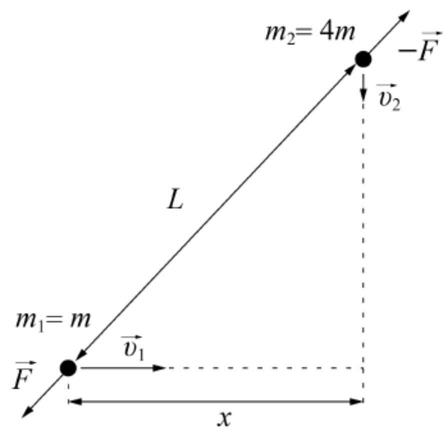

Рис. 5

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.

$\boxed{1}$ При каком значении $x = x_{\text{кр}}$ произошло бы столкновение зондов, если бы двигатели на них не включались?

$\boxed{2}$ Найдите минимальное значение силы тяги $F_{\text{мин}}$ при котором зонды не столкнутся, если $x = x_{\text{кр}}$.

$\boxed{3}$ Пусть величины сил тяги двигателей равны $F = F_{\text{мин}} + dF$ ($dF \ll F_{\text{мин}}$), а $x = x_{\text{кр}}$. Найдите **вектор** конечной скорости первого зонда в виде $\alpha\vec{v_1} + \beta\vec{v_2}$.

$\boxed{4}$ Пусть сила тяги двигателей равна F, а $x = x_1$ ($x_1 > x_{\text{кр}}$). Найдите **модуль** конечной скорости первого зонда относительно второго.