

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.

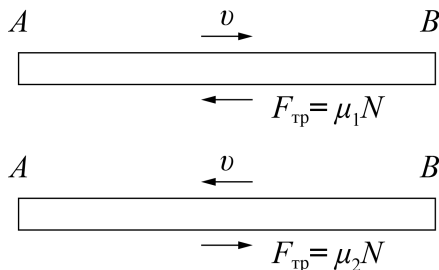


Рис. 1

- 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 при изменении ее 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, $\alpha = 2 \cdot 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ – коэффициент температурного расширения полиэтилена. Полоска имеет постоянную толщину, не изгибается и прижимается к столу равномерно всей поверхностью. Нагревание и охлаждение происходят медленно.

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:

- 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 сечении трубы плотность и давление газа постоянны и не зависят от времени. Возьмем 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.

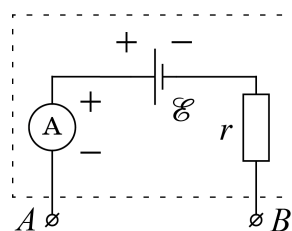


Рис. 2

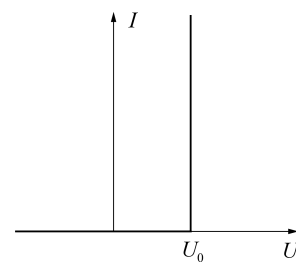


Рис. 3

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 $U_B = 3$ 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 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

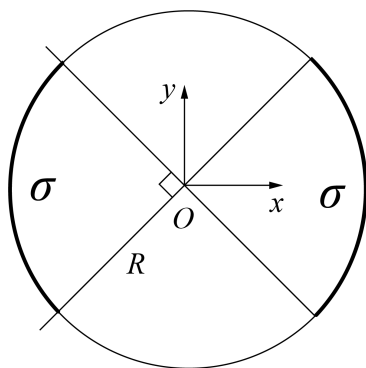


Рис. 4

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

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

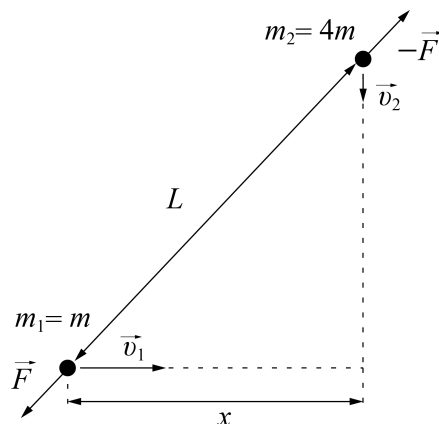


Рис. 5

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.

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

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

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 $\alpha \vec{v}_1 + \beta \vec{v}_2$.

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

10-Е1. Оптический «серый ящик»

Выданный вам «Серый ящик» состоит из прямого кругового цилиндра с показателем преломления n_1 , внутри которого расположен другой прямой круговой цилиндр с показателем преломления n_2 (рис. 1), оси которых параллельны, а высоты равны.

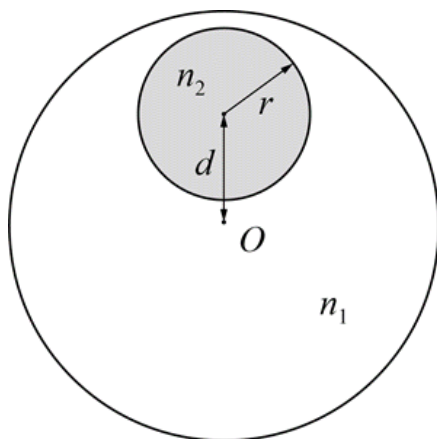


Рис. 1

Торцы (основания) «серого ящика» закрыты непрозрачными накладками. Оси цилиндров перпендикулярны плоскостям непрозрачных накладок. С помощью выданного вам оборудования определите:

- 1 Показатель преломления n_1 .
- 2 Радиус внутреннего цилиндра r .
- 3 Расстояние между осями цилиндров d .
- 4 Какой из показателей преломления n_1 или n_2 больше? Ответ обоснуйте.

Оборудование: «Серый ящик», лист миллиметровой бумаги формата А3 (в качестве оборудования), карандаш, лазер, три линейки, скотч.

ВАЖНО!

- На первой странице чистовика укажите номер выданного вам «серого ящика».
- Обязательно подробно опишите собранную вами установку, выполняемые опыты и построения, приведите схематичные рисунки.
- Листы миллиметровой бумаги формата А4 разрешено использовать только для построения графиков.

10-Е2. Электрический серый ящик

Вам выдан «серый ящик», электрическая схема которого частично известна (рис. 1). Сопротивление резистора $R = (1.00 \pm 0.05) \text{ Ом}$. Цвета выводов «серого ящика» соответствуют подписям на схеме. На местах пяти кружочков располагаются пять элементов: две одинаковые (в пределах погрешности производства) лампочки накаливания, два одинаковых резистора сопротивлением $r = (52 \pm 1) \text{ Ом}$ каждый и светодиод. На месте каждого кружочка располагается ровно один элемент. Лампочки и светодиод выведены наружу, и вы можете видеть когда и как ярко они светятся.

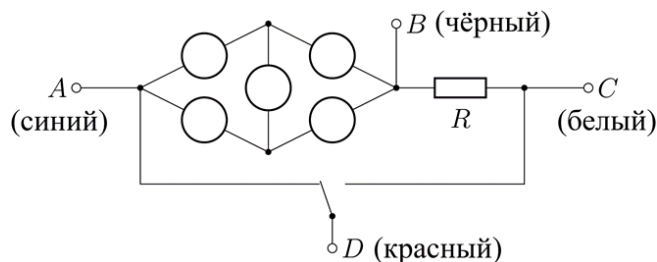


Рис. 1

С помощью предложенного оборудования определите:

- 1 Вольт-амперную характеристику участка АВ и постройте ее график. Нарисуйте схему вашей установки.
- 2 Схему расположения элементов в сером ящике. Нарисуйте схему с указанием цвета проводов, положения элементов и направления включения диода. Аргументируйте предложенный вариант.
- 3 Номинальную мощность лампы накаливания (мощность лампы при номинальном напряжении), если известно, что номинальное напряжение лампы равно 3.0 В.
- 4 Вольт-амперную характеристику лампы.

Очень важно!

- Регулируемый источник разрешается подключать только к белому и синему выводам.
- В случае порчи источника или серого ящика из-за короткого замыкания оборудование не заменяется.
- В начале работы обязательно укажите номер выданного вам серого ящика.
- Погрешность оценивать не нужно.
- Мультиметр можно использовать только в режимах вольтметра или омметра.
- Извлекать батарейки из держателя запрещено. Новые батарейки выдаваться не будут.
- Регулируемый источник работает в штатном режиме только при его подключении к выводам А (синий) и С (белый). Вы не сможете убедиться в его работоспособности, отключив его от схемы и подключив к нему напрямую вольтметр.
- Для подключения источника вы можете использовать только его красный и черный провода. Любые другие способы подключения к источнику и его элементам запрещены.
- Миллиметровая бумага формата А4 может использоваться только для построения графиков.

Оборудование: «серый ящик», регулируемый источник тока, мультиметр (можно использовать только как вольтметр или омметр), четыре колодки для соединения проводов, два кусочка пластиковой трубки.