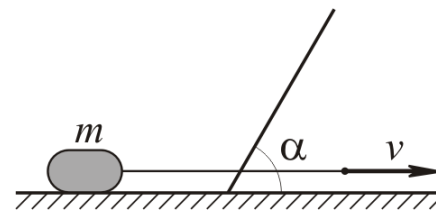


Задача 1.

Мешок с песком тянут веревкой по горизонтальной плоскости с постоянной скоростью v . На плоскости закреплена гладкая доска, наклоненная под углом α к горизонту (веревка пропущена через узкую вертикальную щель в доске). Сколько тепла выделится при ударе мешка о доску? Масса мешка m , веревка нерастяжима, трение пренебрежимо мало. В момент удара веревку продолжают тянуть горизонтально с постоянной скоростью.



Задача 2.

Спортивный мотоцикл при резком старте иногда встает «на дыбы», а с автомобилем такого никогда не происходит. Почему? Ответ подтвердите количественными оценками — оцените ускорения, которые должны иметь на старте мотоцикл и заднеприводный легковой автомобиль, чтобы встать «на дыбы». Сравните эти ускорения, прокомментируйте получившееся для автомобиля значение с точки зрения достижимости.

Задача 3.

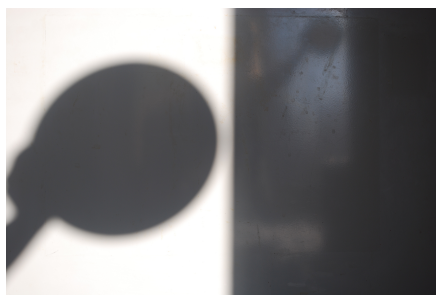
По мотивам одной из задач П.Л.Капицы. Катушка с индуктивностью L замкнута на резистор, сопротивление которого R . В катушку вставлен постоянный магнит, создающий через нее магнитный поток Φ_0 . Магнит вытаскивают из катушки. Найдите затраченную на это работу (без учета той ее части, которая идет на сообщение магниту кинетической энергии) для двух случаев:

- Магнит вытаскивают очень медленно — в течение большого времени T , причем так, что за это время магнитный поток через катушку уменьшается от Φ_0 до нуля равномерно.
 - Магнит вытаскивают очень быстро.
- Сформулируйте критерий «медленного» и «быстрого» вытаскивания. А именно — укажите, по сравнению с чем должно быть велико время вытаскивания в первом случае и мало во втором.

Задача 4.

В ясный солнечный день можно наблюдать следующее явление. Если медленно сближать два непрозрачных предмета, их тени начинают вытягиваться навстречу друг другу, а потом между ними возникает теневой «мостик», хотя сами тени еще не должны накладываться друг на друга (см. фотографии на листе 2).

- Почему возникает это явление? Свое объяснение обязательно снабдите чертежом.
- При каком расстоянии между тенями возникает мостик? Расстояние между предметами и экраном 2 м, угловой размер Солнца приблизительно $0,5^\circ$. Угловые размеры предметов (при наблюдении от экрана) много больше углового размера Солнца.



Задача 5.

Прочитайте текст «Одноэлектронный транзистор». Выполните задания:

а) Запишите выражение для полной электростатической энергии островка, на котором находятся N избыточных электронов. Размер островка d , его потенциал в поле затвора V .

Замечание. Точное значение энергии электростатического взаимодействия электронов островка, разумеется, зависит от его формы. Его вычисление — довольно сложная квантовомеханическая задача. Вам предлагается оценить эту энергию с точностью до безразмерного множителя.

б) Найдите равновесное число электронов на островке N_0 , соответствующее потенциалу V . Не забудьте, что это число, разумеется, должно быть целым.

в) Покажите, что при некоторых значениях потенциала V действительно возможны два равновесных значения N_0 , отличающиеся на единицу. Найдите эти значения потенциала.

г) С помощью графика, приведенного в тексте, оцените размер островка, использованного в упомянутой работе.

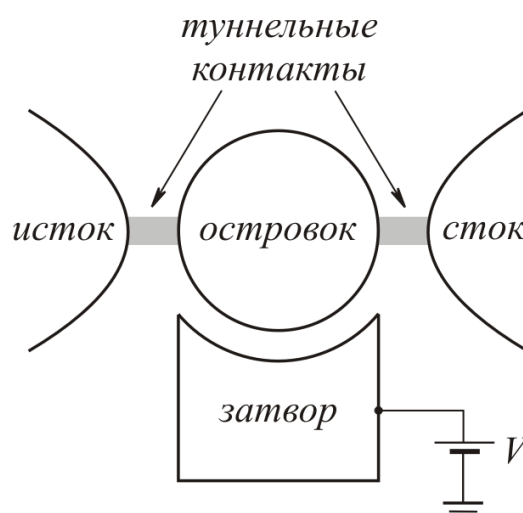
Заряд электрона $e \approx 1,6 \times 10^{-19}$ Кл, электрическая постоянная $\epsilon_0 \approx 8,85 \times 10^{-12}$ Ф/м.

ОДНОЭЛЕКТРОННЫЙ ТРАНЗИСТОР

Одноэлектронный транзистор — устройство, достаточно известное в физике твердого тела. Он состоит из наночастицы («проводящего островка»), соединенной с двумя электродами (стоком и истоком) туннельными контактами. Наличие туннельного контакта между двумя проводниками означает, что классический ток между ними невозможен (электрического контакта нет), однако вследствие квантовомеханического явления туннелирования электрон может перейти из одного проводника в другой.

Также имеется третий электрод — затвор, оказывающий на островок электростатическое воздействие, но ток между ним и островком невозможен. Назначение этого электрода — изменять потенциал островка относительно земли.

Обычно, вследствие малого размера островка, кулоновская энергия добавления дополнительного электрона на него велика и ток между истоком и стоком через островок



невозможен (это явление называется кулоновской блокадой). Однако при некоторых значениях потенциала островка (задаваемого напряжением на затворе) оказывается, что энергия системы с N электронами на островке равна энергии с $N + 1$ электроном. Это соответствует возможности протекания тока через островок — если для того, чтобы добавить еще один электрон не нужна дополнительная энергия, то он может прийти из одного электрода и без потери энергии выйти в другой. Устройство называется одноэлектронным транзистором потому, что в такой ситуации электроны могут переходить только по одному — на островке ни в какой момент не могут оказаться два избыточных электрона.

Если разность потенциалов между стоком и истоком мала (их потенциалы можно считать близкими к нулю), энергию системы можно считать состоящей из энергии электростатического взаимодействия электронов на островке и энергии островка в поле затвора с потенциалом V .

На рисунке приведена зависимость проводимости одноэлектронного транзистора от напряжения на затворе при малой разности потенциалов стока и истока. Источник: S. Lindemann, T. Ihn, T. Heinzl et al., Stability of spin states in quantum dots, Phys.Rev. B 66, 195314.

