

Задание 1

1. Стержень длина которого $L = 1$ метр касается своими концами вертикальной стенки и горизонтального пола. Он движется, оставаясь всё время в одной и той же вертикальной плоскости, без отрыва от стенки и пола. В некоторый момент времени модуль скорости верхнего конца стержня равен 1 м/с, а нижнего конца – 2 м/с. Найдите модуль скорости середины стержня в этот момент, а также направление этой скорости относительно горизонтали. На какой высоте от пола находится в этот момент верхний конец стержня?

Максимум за задачу 10 баллов.

Задание 2

Два школьника сидят в санках-ледянках, которые покоятся на гладкой горизонтальной поверхности замёрзшего озера, и держат в руках концы длинной невесомой нерастяжимой верёвки. Они начинают «выбирать» верёвку руками и таким образом едут навстречу друг другу. В некоторый момент сила натяжения выпрямленной (то есть не провисающей) между школьниками верёвки становится равной нулю. После этого они продолжают «выбирать» верёвку так, что она движется относительно первого школьника со скоростью $u_1 = 1$ м/с, а относительно второго – со скоростью $u_2 = 0,6$ м/с. Масса первого школьника $m_1 = 60$ кг, а масса второго школьника $m_2 = 78$ кг. Найдите модуль скорости каждого школьника и горизонтального участка верёвки относительно озера.

Максимум за задачу 10 баллов.

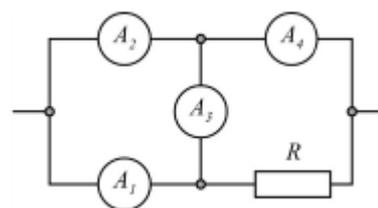
Задание 3

При нагревании трёх молей гелия давление p газа изменялось прямо пропорционально его объёму V ($p = aV$, где a – некоторая неизвестная константа). На сколько градусов поднялась температура гелия, если газу передали количество теплоты $Q = 300$ Дж?

Максимум за задачу 10 баллов.

Задание 4

Электрическая цепь состоит из резистора с сопротивлением R и четырёх одинаковых амперметров с внутренними сопротивлениями r . Показания амперметра A_1 равны $I_1 = 3$ А и A_2 равны $I_2 = 5$ А. Найдите отношения сопротивлений R/r .



Максимум за задачу 10 баллов.

Задание 5

Эффект Холла. Электроны являются носителями тока в металлах и полупроводниках n -типа. Если образец с током (в данном случае прямоугольный кусочек плёнки полупроводника n -типа) помещён в магнитное поле и через него протекает электрический ток, то на движущиеся электроны действует сила Лоренца $F = evB$, перпендикулярная скорости \vec{v} электрона и вектору \vec{B} магнитной индукции (рис. 1).

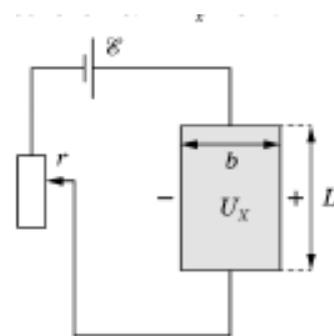


Рис. 1

Здесь v – средняя скорость дрейфа электронов, связанная с проходящим током I и прямо пропорциональная напряженности электрического поля \vec{E} в направлении этого тока: $v = \mu E$, где коэффициент пропорциональности μ называется подвижностью электронов.

Из-за действия на электроны силы Лоренца (на рисунке она направлена в сторону левой грани), происходит разделение зарядов и появляется поперечное электрическое поле с напряженностью E_x .

Возникновение этого поля при протекании тока в образце, помещенном в магнитное поле, называют эффектом Холла. Перемещение электронов в направлении левой грани прекращается, когда силу Лоренца уравновешивает электрическая сила eE_x :

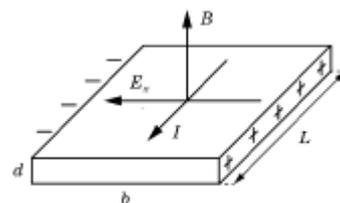


Рис. 2

$$evB = eE_x.$$

В установившемся режиме напряжённость поперечного электрического поля $E_x = vB$.

Ниже описан эксперимент, в котором эффект Холла используется для исследования свойств полупроводника. Ток создаёт источник с ЭДС $\mathcal{E} = 10$ В и малым внутренним сопротивлением. Величина магнитной индукции $B = 1,0$ Тл. Для изменения тока применяют переменный резистор, а вольтметром измеряют напряжение U_x между боковыми гранями в направлении, перпендикулярном магнитному полю и направлению протекающего тока.

Размеры полупроводникового образца: толщина $d = 1,0$ мкм, ширина $b = 5,0$ мм, длина $L = 1,0$ см. Заряд электрона $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

В таблице представлена зависимость U_x от сопротивления r переменного резистора.

| | | | | | | |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| r , кОм | 2,5 | 2,0 | 1,5 | 1,0 | 0,5 | 0,0 |
| U_x , В | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 2,1 | 2,5 |

Задание

1. Выразите U_x через силу тока I в образце, концентрацию n электронов проводимости и физические величины, приведенные в описании эксперимента (\mathcal{E} , B , d , b , L , e).

2. Выразите сопротивление R и удельное сопротивление ρ образца через его размеры, подвижность μ и концентрацию n электронов проводимости.

3. Используя уравнения, полученные в п.п. 1, 2, выразите U_x через концентрацию n и подвижность μ электронов проводимости, сопротивление r и физические величины, приведенные в описании эксперимента.

4. Используя выражение, полученное в п. 3, при помощи графического анализа экспериментальных данных определите для исследуемого полупроводника:

- а) концентрацию n электронов проводимости;
- б) их подвижность μ ;
- в) удельное сопротивление ρ .

Опишите выбранный для этого способ обработки данных.

Максимум за задачу 10 баллов.