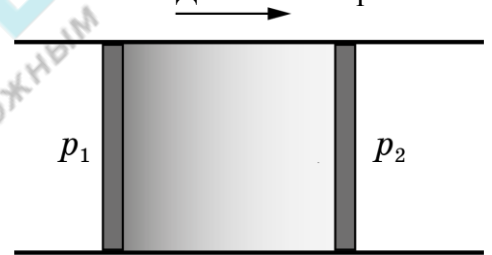


Задача 1.11.1. Переправа (12 баллов). Лодка переплывает реку по прямой, перпендикулярной берегам. Её скорость относительно воды равна v_0 . До середины реки скорость течения изменяется по закону $u = \alpha x$ от нуля до $v_0/2$ – скорости воды на середине реки, где α – известный коэффициент, x – расстояние от берега. После середины реки скорость уменьшается до нуля у другого берега по тому же закону.

Определите зависимость от времени угла между вектором скорости лодки относительно воды и направлением движения относительно берега. Через какое время лодка окажется на другом берегу?

Задача 1.11.2. Доставка воды пневмопочтой (12 баллов). Где-то в Космосе, вдали от звезд, движется по инерции фабрика-звездолет. В технологических процессах используется вода, которая доставляется к нужному месту порциями с массой $m = 288$ г по гладким трубам, площадь поперечного сечения которых постоянна и равна $S = 50$ см². Каждая порция содержится между двумя одинаковыми поршнями, масса каждого из которых тоже равна m . Температура порции T при движении в установившемся режиме (колебания поршней относительно друг друга отсутствуют) остается неизменной. Движение поршней и порции воды по трубе обеспечивается давлением сжатого газа: «позади» них давление газа p_1 всегда в 1,5 раза больше, а «перед» ними (p_2) – в два раза меньше, чем давление насыщенного водяного пара при температуре T .

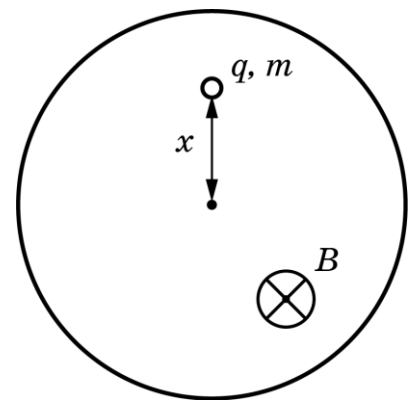


Какая часть массы воды в порции при движении в установившемся режиме находится в жидком состоянии? Каково в этом режиме расстояние между поршнями?

Плотность насыщенного водяного пара при температуре T составляет $\varepsilon = 6\%$ от плотности жидкой воды, которая при этой температуре равна $\rho \approx 0,72$ г/см³.

В вычислениях для простоты можно считать воду совершенно несжимаемой, а водяной пар – почти идеальным газом. Ответ для расстояния между поршнями выразите в см с точностью до целого значения.

Задача 1.11.3. Полетели (12 баллов). В вакууме в невесомости между круглыми полюсами электромагнита на расстоянии x от оси магнита покоится частица массы m и заряда q . Сначала магнитное поле равно нулю. Затем, за малый промежуток времени, индукция магнитного поля увеличивается до значения B_0 и поддерживается постоянной в течение времени $\tau < \pi m / (qB_0)$, после чего очень быстро уменьшается до нуля.



- 1) Почему частица приходит в движение? Опишите качественно траекторию частицы.
- 2) С какой скоростью движется частица после включения магнитного поля?

24 января на портале <http://abitu.net/vseros> будет проведён онлайн-разбор решений задач первого тура. Начало разбора (по московскому времени):

7 класс – 11.00; 8 класс – 10.00; 9 класс – 12.00; 10 класс – 13.30; 11 класс – 15.00.

26 января состоится онлайн-разбор решений заданий второго тура. Начало разбора:

7 класс – 11.00; 8 класс – 10.00; 9 класс – 12.00; 10 класс – 13.30; 11 класс – 15.00.

- 3) С какой скоростью движется частица после выключения магнитного поля?
- 4) На каком минимальном расстоянии от оси магнита проходит траектория частицы?
- 5) Через какое время от момента включения поля частица окажется на минимальном расстоянии от оси магнита?

Магнитное поле в пределах полюсов можно считать однородным. Перемещением частицы за время включения и выключения поля можно пренебречь.

Задача 1.11.4. Эффект Холла (14 баллов). 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 $F = e\vec{v}B$, перпендикулярная скорости \vec{v} электрона и вектору \vec{B} магнитной индукции (рис. 1).

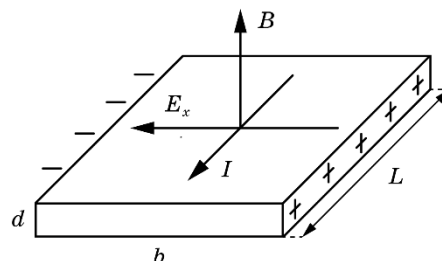


Рис. 1

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

$$e\vec{v}B = eE_x.$$

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.

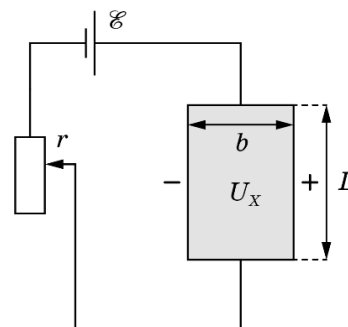


Рис. 2

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

24 января на портале <http://abitu.net/vseros> будет проведён онлайн-разбор решений задач первого тура. Начало разбора (по московскому времени):

7 класс – 11.00; 8 класс – 10.00; 9 класс – 12.00; 10 класс – 13.30; 11 класс – 15.00.

26 января состоится онлайн-разбор решений заданий второго тура. Начало разбора:

7 класс – 11.00; 8 класс – 10.00; 9 класс – 12.00; 10 класс – 13.30; 11 класс – 15.00.

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.

Внимание! Из-за ограниченного времени выполнения задания погрешность определения n , μ и ρ оценивать не требуется, однако точность полученных вами промежуточных и конечных результатов будет учитываться при выставлении баллов.

100 БАЛЛОВ
100ballz.ru
Делаем невозможное возможным

24 января на портале <http://abitru.net/vseros> будет проведён онлайн-разбор решений задач первого тура. Начало разбора (по московскому времени):

7 класс – 11.00; 8 класс – 10.00; 9 класс – 12.00; 10 класс – 13.30; 11 класс – 15.00.

26 января состоится онлайн-разбор решений заданий второго тура. Начало разбора:

7 класс – 11.00; 8 класс – 10.00; 9 класс – 12.00; 10 класс – 13.30; 11 класс – 15.00.