

Всероссийская олимпиада школьников по физике

11 класс, региональный этап, 2020/21 год

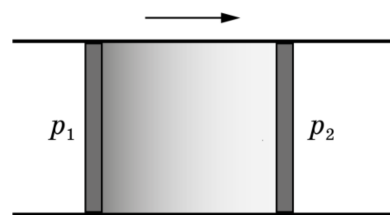
Первый тур

ЗАДАЧА 1. 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?

$$\left. \begin{array}{l} L \geq t \geq \frac{L}{2} \text{ илгсэ } \left\{ \begin{array}{l} \text{‘} \rho \text{ - } \frac{\varepsilon}{\alpha} \end{array} \right\} = \phi \quad \text{‘} \frac{v_0}{\alpha} = L \\ \frac{L}{2} \geq t \text{ илгсэ } \left\{ \begin{array}{l} \text{‘} \rho \end{array} \right\} \end{array} \right\}$$

ЗАДАЧА 2. 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 .

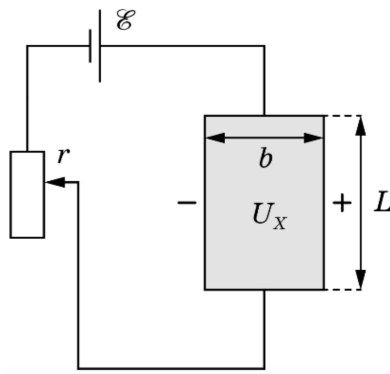


Какая часть массы воды в порции при движении в установившемся режиме находится в жидком состоянии? Каково в этом режиме расстояние между поршнями?

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.

$$\text{Полвина: } L \approx \left(\frac{\varepsilon}{9} \ln \frac{\varepsilon}{\varepsilon} + \frac{\varepsilon}{1} \right) \frac{S^d}{m} = T$$



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

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. 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 .

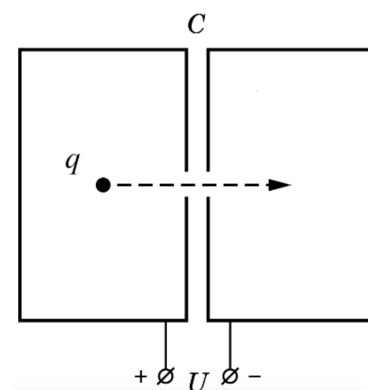
Опишите выбранный для этого способ обработки данных.

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.

$$U_x = I R = I \left(r + \frac{\rho L}{b} \right) = I r + I \frac{\rho L}{b} \quad (1)$$

Второй тур

ЗАДАЧА 5. Две одинаковые проводящие оболочки в форме цилиндров с малыми отверстиями на общей оси образуют конденсатор ёмкостью C . В центре левой оболочки удерживают шарик с зарядом q . Суммарный заряд всей системы, включая заряд шарика, равен нулю. Конденсатор заряжают, подключив к источнику с напряжением U , затем отключают от источника и отпускают шарик. Шарик начинает двигаться вдоль оси и, пролетев через отверстия, попадает внутрь правой оболочки.

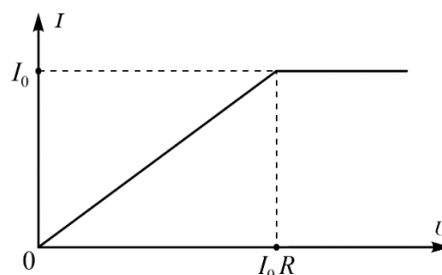
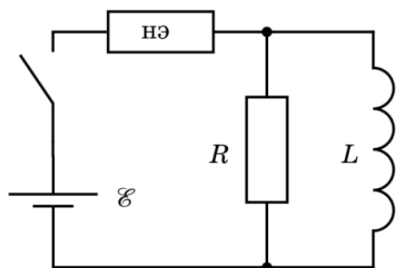


1. Какую кинетическую энергию будет иметь шарик в центре правой оболочки?
2. При каком заряде шарика эта энергия максимальна и чему она равна?

Выделением тепла из-за тока в оболочках можно пренебречь. Поле тяжести не учитывайте.

$$\frac{q}{2} = K_{\max} \text{ и равна } \frac{CU^2}{2} \text{ при } q = b \text{ и } \frac{2q}{b} - U = K \quad (1)$$

ЗАДАЧА 6. Электрическая цепь состоит из идеального источника с ЭДС $\mathcal{E} = 20$ В, резистора с сопротивлением $R = 5$ Ом, катушки с индуктивностью $L = 20$ мГн и нулевым сопротивлением и нелинейного элемента, вольтамперная характеристика которого представлена на рисунке ($I_0 = 3$ А). Изначально ключ разомкнут, тока в цепи нет. Какое количество теплоты выделится на резисторе через большой промежуток времени после замыкания ключа?



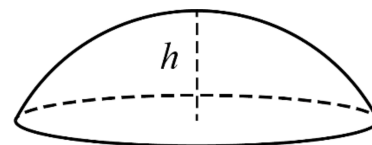
$$Q = \frac{L I_0^2}{2} - \frac{L I_0^2}{2} - \frac{L I_0^2}{2} = 0$$

ЗАДАЧА 7. В кубе из вещества с показателем преломления $n = 2$ точечный источник испустил кратковременную вспышку, свет от которой расходится однородно во всех направлениях. Свет веществом куба не поглощается. Какие значения может принимать доля η энергии вспышки, вышедшей наружу, в зависимости от положения источника внутри куба? Укажите, при каких положениях источника эта доля минимальна, при каких максимальна и чему она равна.

При падении света на границу раздела часть его энергии, зависящая от угла падения, отражается, а часть проходит через границу раздела.

Примечание: при решении Вам может понадобиться формула площади поверхности сферического сегмента (см. рисунок): $S = 2\pi Rh$, где R — радиус сферы, h — высота сегмента.

$$S = 2\pi Rh$$



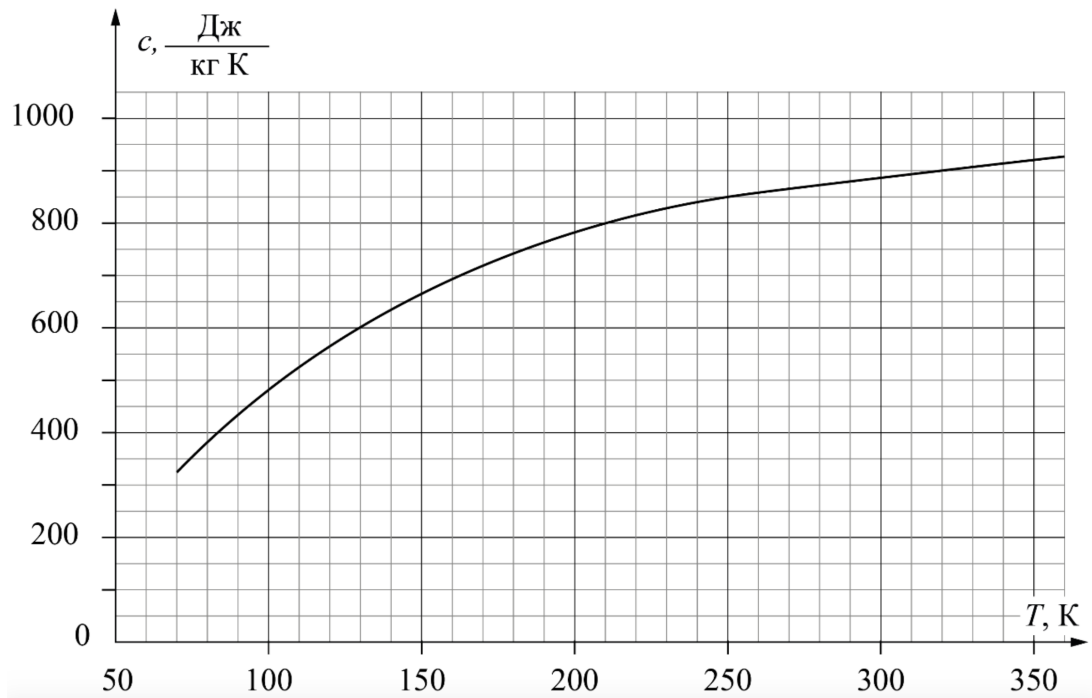
ЗАДАЧА 8. **Цель эксперимента** — определение удельной теплоты испарения жидкого азота при атмосферном давлении.

Масса цилиндра $m_{\text{Al}} = 69$ г, начальная масса контейнера с азотом $M = 250$ г, температура помещения $+23^\circ\text{C}$. Температура кипения жидкого азота — минус 196°C .

Описание эксперимента. Жидкий азот, налитый в пенопластовый контейнер, из-за теплообмена с окружающей средой испаряется, и его масса уменьшается. При погружении в жидкий азот алюминиевого цилиндра, имевшего температуру помещения, азот начинает активно кипеть и интенсивность его испарения увеличивается. Масса M контейнера с жидким азотом фиксируется с помощью электронных весов. Показания весов в зависимости от времени приведены в таблице.

t , мин : с	0:00	0:49	1:32	2:05	2:41	3:22	4:06	4:50	5:23	5:52	6:07	6:30
M , г	250	246	242	238	234	230	226	222	218	214	210	206
t , мин : с	6:54	7:25	7:48	8:20	8:49	9:33	10:15	10:55	11:37	12:20	13:05	
M , г	244	232	229	224	219	215	211	207	203	199	195	

Примечание. Удельная теплоемкость алюминия зависит от температуры. График этой зависимости представлен на рисунке.



Задание. Используя результаты измерения зависимости массы азота от времени и график зависимости удельной теплоемкости алюминия от температуры, определите удельную теплоту испарения азота λ .

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

$\lambda = 223 \text{ кДж/кг}$