

<p align="center">ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ</p> <p align="center">Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования</p> <p align="center">"Мурманский государственный технический университет"</p> <p align="center">Кафедра общей и прикладной физики</p> <p align="center">Расчётно-графические работы по общей физике</p> <p align="center">Учебно-методические материалы (для студентов технических направлений и специальностей)</p> <p align="center">Мурманск 2017</p>	<p>Составители – Виктор Степанович Гнатюк, докт. филос. наук, профессор кафедры общей и прикладной физики Мурманского государственного технического университета; Николай Николаевич Морозов, доктор техн. наук, профессор кафедры общей и прикладной физики Мурманского государственного технического университета</p> <p>Учебно-методические материалы рассмотрены и одобрены кафедрой общей и прикладной физики от 16 мая 2017 г., протокол № 7.</p> <p>Рецензент – к.ф.-м.н., доцент кафедры общей и прикладной физики З.Ф.Мурашова</p> <p><i>Электронное издание подготовлено в авторской редакции</i></p> <p>Мурманский государственный технический университет 183010, Мурманск, ул. Спортивная д. 13 тел. (8152) 25-40-72 Уч.-изд. п.л. 3,5. Заказ № 2405</p> <p align="center">© Мурманский государственный технический университет, 2017</p>
---	--

Содержание

	Стр.
1. Предисловие	3
2. Методические указания к выполнению расчётно – графических работ	4
3. РГР №1 «Физические основы механики»	7
4. РГР №2 «Основы молекулярной физики и термодинамики»	11
5. РГР №3 «Электростатика. Постоянный электрический ток»	16
6. РГР №4 «Электромагнетизм»	21
7. РГР №5 «Колебания и волны. Оптика»	26
8. РГР №6 «Основы квантовой физики. Физика атомного ядра и элементарных частиц»	31

Предисловие

Выполнение расчётно - графических работ предусмотрено учебными планами для студентов естественно-технических направлений и специальностей, обучающихся в МГТУ.

Настоящие учебно- методические материалы включают шесть РГР, которые в соответствии с рабочими программами по дисциплине физика выполняются в следующем порядке:

I курс, I семестр - РГР №1 «Физические основы механики», РГР №2 «Основы молекулярной физики и термодинамики»;

I курс, II семестр - РГР №3 «Электростатика. Постоянный электрический ток»; РГР №4 «Электромагнетизм»;

II курс, III семестр - РГР №5 «Колебания и волны. Оптика», РГР №6 «Основы квантовой физики. Физика атомного ядра и элементарных частиц».

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЁТНО-ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ (РГР)

I. При выполнении РГР студенту необходимо руководствоваться следующим:

1. РГР выполняются в 12-ти листовой тетради, на обложке которой приводятся сведения по образцу:

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ
ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет"
Кафедра общей и прикладной физики
Расчетно-графическая работа по физике № _____
Выполнил студент группы _____ Ф.И.О.
Проверил преподаватель _____ Ф.И.О.
Мурманск – 20__ г.

2. Номер варианта задания соответствует порядковому номеру фамилии студента в журнале учебной группы.

3. РГР выполняются чернилами (шариковой ручкой). Для замечаний преподавателя оставляются поля. Условия заданий записываются полностью. Каждое задание должна начинаться с новой страницы.

4. Решения должны сопровождаться исчерпывающими, но краткими объяснениями, раскрывающими физический смысл употребляемых формул и законов.

5. Задания решать в общем виде, т.е. выражать искомую величину через буквенные обозначения величин, заданных в условии задания. Сопоставить размерности левой и правой частей полученной формулы.

6. Подставить в рабочую формулу все величины, выраженные в СИ. Произвести вычисления и получить численное значение искомой величины. Полученное значение записать в ответ.

Приближенные числа в ответе записывать в нормальной форме: первая значащая цифра ставится в разряд единиц, а остальные - в десятичные

разряды после запятой и полученное число умножается на 10^n , где n — целое положительное или отрицательное число. Например, число 0,0516 в нормальной форме имеет вид $5,16 \cdot 10^{-2}$; число 2170 - $2,17 \cdot 10^3$.

Ответ округлять до второй цифры после запятой.

7. В конце работы указать учебники и учебные пособия, которые использовались при решении задач, в т.ч. интернет – ресурс.

8. Работы, оформленные без соблюдения указанных правил не проверяются.

9. При защите РГР необходимо дать устное объяснение решенных заданий и используемых при решении законов.

10. Готовые РГР предоставляются на проверку преподавателю не менее чем за 7 дней до начала зачётно - экзаменационной сессии.

II. Критерии и шкала оценивания РГР в соответствии с бально-рейтинговой системой:

Каждая расчётно-графическая работа содержит по 5 заданий, включающих по 5 пунктов. Выполнение каждого пункта оценивается от 0 до 2-х баллов согласно критериям, представленным в таблице 1.

Таблица 1

Баллы	Критерии оценки РГР
2	<p>I) Записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задания выбранным способом;</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>III) представлена проверка размерности полученного конечного выражения (если требуется);</p> <p>IV) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу;</p> <p>V) построены правильные графики зависимостей (если требуется);</p> <p>VI) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.</p>

1	<p><u>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев:</u></p> <p>1) Представлены положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данного задания</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>2) В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задания (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задания.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>3) В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задания (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задания.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>4) Отсутствуют графики зависимостей (если требовалось).</p>
0	<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 и 2 балла.</p>

Количество баллов, полученные за задания, суммируются. Полученное суммарное значение баллов является оценкой студента за РГР по БРС.

Таблица 2

Перевод баллов в БРС за выполнение РГР в традиционную шкалу оценивания

Оценка	отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
Баллы в БРС	50 - 45	44 - 40	39 - 30	29 - 0

Содержание расчётно-графических работ

РГР №1 «Физические основы механики»

Кинематика материальной точки

1. Движение материальной точки задано уравнениями: $x = At^2 + B$, м; $y = Ct^2 - D$, м; $Z = 0$. Определить:
- 1). модули скорости и ускорения точки в момент времени $t' = E$, с;
 - 2). путь, пройденный точкой за промежуток времени $t_1 = F$, с до $t_2 = K$, с;
 - 3). среднюю скорость точки в промежуток времени $t_1 = F$, с до $t_2 = K$, с;
 - 4). траекторию движения точки.
 - 5). построить графики зависимости скорости, ускорения и пути, пройденного точкой, от времени;

Числовые значения параметров задачи

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>A, м</i>	1,0	1,5	2,0	1,0	2,0	2,5	1,0	1,5	3,0	3,5	1,0	4,0	2,0
<i>B, м</i>	1,0	1,5	1,0	2,0	1,5	1,0	2,5	1,0	1,5	1,0	3,0	2,0	3,0
<i>C, м</i>	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,0	5,5	5,0	4,5
<i>D, м</i>	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5	1,0	1,0	2,0	1,5	2,0	1,5	2,5	3,0
<i>E, с</i>	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
<i>F, с</i>	0	1,0	1,0	1,0	1,0	0	0	1,0	2,0	2,0	1,0	1,5	0
<i>K, с</i>	3,0	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	6,0	7,0	6,5	7,0	6,5	7,0
№ варианта	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
<i>A, м</i>	2,5	2,0	1,0	1,5	3,0	3,5	4,0	4,5	3,5	5,0	1,0	2,0	5,0
<i>B, м</i>	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,5	3,0	6,0	6,0	1,0
<i>C, м</i>	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	2,0	6,0	6,0	6,0
<i>D, м</i>	1,5	2,0	1,0	0	0	1,0	1,5	2,0	3,0	1,0	2,0	3,0	4,0
<i>E, с</i>	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	13,5
<i>F, с</i>	1,0	2,0	0	0	1,0	2,0	2,0	2,5	3,0	2,0	1,0	3,0	4,0
<i>K, с</i>	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	13,5

2. Радиус-вектор материальной точки относительно начала координат изменяется со временем по закону: $\vec{r} = b t \vec{i} + c t^2 \vec{j}$.
- 1). получить уравнение траектории точки;
 - 2). построить график траектории точки в промежуток времени от $t_0 = 0$ до

$$t = 5 \text{ с};$$

- 3). определить модуль скорости точки в начале координат (x_0, y_0) ;
- 4). определить модули тангенциального, нормального и полного ускорений точки в начале координат $(x_0 = 0, y_0 = 0)$;
- 5). определить радиус кривизны траектории точки в начале координат (x_0, y_0) .

Числовые значения параметров задачи

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$b, \text{ м/с}$	1,0	2,0	1,5	1,0	1,5	2,0	2,5	1,0	2,5	1,5	2,5	2,0	2,5
$c, \text{ м/с}^2$	2,0	1,0	1,0	1,5	1,5	2,0	1,0	2,5	1,5	2,5	2,0	2,5	3,0
№ варианта	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
$b, \text{ м/с}$	3,0	3,0	1,0	3,0	2,0	2,5	3,5	1,0	3,5	2,0	4,0	3,0	4,0
$c, \text{ м/с}^2$	2,5	1,0	3,0	2,0	3,0	3,0	1,0	3,5	2,0	3,5	3,0	4,0	5,0

3. Твёрдое тело вращается вокруг неподвижной оси Z по закону: $\varphi = at - bt^2$:

- 1). каков характер движения этого тела?
- 2). определить модули угловой скорости ω и углового ускорения ε тела, полное число оборотов N , совершённых телом за время $t_1 = 5 \text{ с}$;
- 3). определить момент времени t_2 , когда направление вращения тела изменяется на противоположное;
- 4). построить график зависимости угловой скорости и углового ускорения тела от времени;
- 5). указать относительное направление векторов угловой скорости $\vec{\omega}$ и углового ускорения $\vec{\varepsilon}$.

Числовые значения параметров задачи

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$a, \text{ рад/с}$	5,0	5,0	5,0	3,0	4,0	6,0	6,0	7,0	7,0	7,0	8,0	8,0	8,0
$b, \text{ рад/с}^2$	1,0	2,0	3,0	1,0	1,0	2,0	3,0	2,0	3,0	4,0	1,0	2,0	3,0
№ варианта	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
$a, \text{ рад/с}$	8,0	8,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	20,0
$b, \text{ рад/с}^2$	4,0	5,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	1,0

Динамика материальной точки

4. Имеется длинный тонкий однородный стержень массой M и длиной l . Материальная частица массой m ($m \ll M$) в начальный момент времени находится на оси стержня на расстоянии $x_0 = l$ от одного из его концов (точка А на рис. 1) и имеет начальную скорость, равную нулю ($v_0 = 0$). Определить:

- 1). напряжённость \vec{G} гравитационного поля и силу (модуль F и вектор \vec{F}), действующую на материальную частицу в точке А;
- 2). потенциалы φ гравитационного поля в точках А ($x_0 = l$) и В ($x_1 = b$) и значения её потенциальной энергии в этих точках;
- 3). скорость, ускорение и значение кинетической энергии материальной частицы в точке В;
- 4). работу, совершённую силами гравитационного поля при перемещении материальной частицы из точки А ($x_0 = l$) в точку В ($x_1 = b$);
- 5). построить графики зависимости напряжённости и потенциала гравитационного поля от расстояния: $\vec{G} = \vec{G}(\vec{r})$ и $\varphi = \varphi(\vec{r})$.

Примечание: при решении задания учесть, что напряжённость G и потенциал φ гравитационного поля, созданного материальной точкой массы m , удалённой на расстояние r от этой массы, выражаются формулами: $G = \frac{\gamma m}{r^2}$; $\varphi = -\frac{\gamma m}{r}$, где $\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{м}^3}{\text{кг} \cdot \text{с}^2}$ - гравитационная постоянная.

Числовые значения параметров задачи

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$M, \text{кг}$	50	45	40	35	30	25	20	15	10	15	20	25	30
$m, \text{г}$	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4
$x_0, \text{м}$	3,0	2,5	2,0	3,5	4,0	0,5	0,4	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
$b, \text{м}$	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,1	0,2	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3	0,4
№ варианта	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
$M, \text{кг}$	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	100
$m, \text{г}$	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7
$x_0, \text{м}$	2,0	1,5	1,0	2,0	3,0	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,6	1,7	1,8
$b, \text{м}$	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,4	1,5	0,4	0,5	0,6

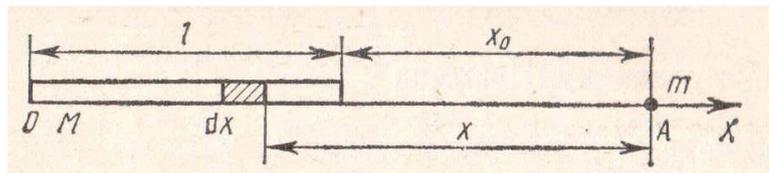


Рис. 1.

5. На обод маховика в форме однородного сплошного диска массой m_1 и радиусом R намотана лёгкая нить, к концу которой прикреплён груз массой m_2 . Уравнение вращения маховика: $\varphi = \frac{\varepsilon t^2}{2}$. До начала вращения маховика высота груза над полом составляла h (рис. 2). Определить:

- 1). тангенциальное ускорение и линейную скорость, нормальное и полное ускорения точек обода маховика; время опускания груза до пола; кинетическую энергию груза в момент удара о пол;
- 2). угловую скорость и угловое ускорение маховика;
- 3). силу натяжения нити с грузом; работу силы натяжения по опусканию груза на пол;
- 4). момент силы натяжения нити маховика, его момент импульса и момент инерции маховика; кинетическую энергию маховика;
- 5). направления векторов угловой скорости, углового ускорения, момента силы и момента импульса маховика.

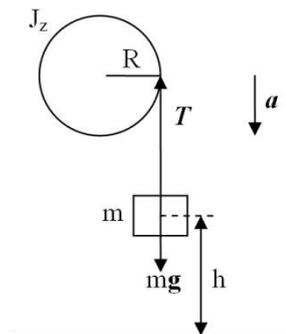


Рис. 2.

Числовые значения параметров задачи

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$m_1, \text{ кг}$	5,0	4,0	3,0	2,0	1,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	1,0	2,0	3,0
$m_2, \text{ кг}$	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	10,0	9,0	8,0	7,0	3,0	2,0	1,0
$R, \text{ м}$	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	1,0	0,2	0,3	0,4
$h, \text{ м}$	1,0	1,5	1,0	1,2	1,4	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	2,0	1,0	0,5
№ варианта	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
$m_1, \text{ кг}$	3,0	2,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	0,5
$m_2, \text{ кг}$	3,0	2,0	1,0	2,5	3,5	4,0	5,0	4,0	4,0	3,0	2,0	4,0	0,2

$R, м$	0,25	0,2	0,2	0,25	0,3	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	0,15
$h, м$	2,0	2,5	1,0	0,5	0,6	0,4	1,0	1,5	1,2	1,5	2,0	2,5	0,5

РГР №2 «Основы молекулярной физики и термодинамики»

Основы молекулярной физики

1. В закрытом резервуаре объёмом V находится газ X . Начальное состояние газа (состояние 1) характеризуется термодинамическими параметрами: масса газа m_1 , давление газа P_1 , температура газа T_1 . После того, как в резервуар впустили некоторое количество такого же газа, его состояние (состояние 2) стало характеризоваться следующими термодинамическими параметрами: масса газа m_2 , давление газа P_2 , температура газа T_2 . Затем газ изохорно перевели в состояние 3 с термодинамическими параметрами: P_3 и $T_3 = T_1$. Считая газ идеальным, а значения термодинамических параметров V ; m_1 ; T_1 ; m_2 и T_2 известными, найти:

- 1). значения термодинамических параметров газа в состоянии 1: P_1 ; в состоянии 2: P_2 и в состоянии 3: P_3 ; массу m_0 молекулы газа, количество молей ν газа, общее число N и концентрацию n молекул газа и плотности ρ газа в состояниях 1 и 2;
- 2). наиболее вероятную u_0 , среднюю $\langle u \rangle$, среднюю квадратичную $\langle u_{кв.} \rangle$ скорости молекул газа в состояниях 1 и 2; среднюю кинетическую энергии поступательного $\langle \epsilon_n \rangle$, вращательного $\langle \epsilon_{вр.} \rangle$ движения молекул газа и среднее значение их полной кинетической энергии $\langle \epsilon \rangle$ в состояниях 1 и 2;
- 3). молярные C_v , C_p и удельные c_v , c_p теплоёмкости газа, показатель адиабаты γ и внутреннюю энергию U газа в состояниях 1 и 2;
- 4). среднюю длину свободного пробега $\langle l \rangle$ молекул газа в состояниях 1 и 2, динамическую вязкость η и коэффициент теплопроводности λ газа;
- 5). изобразить термодинамическую диаграмму рассматриваемого изохорного процесса в координатах (P, V) , (P, T) и (V, T) .

Числовые значения параметров задачи

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$V, м^3$	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05	0,04	0,03	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
X	H_2	He	O_2	N_2	NH_3	CO_2	Ar	H_2	He	O_2	N_2	NH_3	CO_2
$m_1, кг$	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10	0,50	0,40	0,30	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60
T_1, K	330	325	320	315	300	350	340	300	320	350	270	300	330
$m_2, кг$	0,10	0,15	0,30	0,35	0,50	0,50	0,40	0,70	0,30	0,50	0,60	0,50	0,40
T_2, K	360	330	340	330	250	370	350	320	300	290	300	350	360
№ варианта	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
$V, м^3$	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05	0,04	0,03	0,025

X	Ar	H_2	He	O_2	N_2	NH_3	CO_2	Ar	H_2	He	O_2	N_2	NH_3
$m_1, кг$	0,25	0,30	0,40	0,20	0,60	0,25	0,20	0,30	0,40	0,5	0,4	0,3	0,25
T_1, K	300	330	250	350	360	300	320	330	340	250	300	330	350
$m_2, кг$	0,25	0,20	0,60	0,80	0,40	0,75	0,80	0,70	0,60	1,00	0,60	0,70	0,75
T_2, K	330	340	350	300	280	320	290	340	300	300	350	360	300

2. Газ X нагревают от температуры T_1 до температуры T_2 . Полагая, что функция

Максвелла имеет вид $f(v, T) = 4\pi \left(\frac{m_i}{2\pi kT}\right)^{3/2} v^2 e^{-\frac{m_i v^2}{2kT}}$:

1). используя закон, выражающий распределение молекул идеального газа по скоростям $f(v, T)$:

1.1). вывести формулы средней арифметической $\langle v \rangle$, средней квадратичной $\langle v_{кв.} \rangle$ наиболее вероятной $v_в$ скоростей и определить их числовые значения для температур T_1 и T_2 ;

1.2). рассчитать для каждой из указанных температур значения функции Максвелла при скоростях: а) $v = \frac{1}{2}v_в$ б). $v = v_в$ в). $v = 2v_в$;

1.3). по полученным данным построить график функции $f(v, T)$ для каждой из температур;

2). используя закон, выражающий распределение молекул идеального газа по скоростям $f(v, T)$:

2.1). получит функцию распределения молекул газа по значениям кинетической энергии поступательного движения $f(\epsilon)$;

2.2). используя функцию распределения молекул газа по энергиям $f(\epsilon)$, вывести формулы средней кинетической энергии $\langle \epsilon \rangle$ молекул и наиболее вероятное значение энергии $\epsilon_в$ молекул и рассчитать их числовые значения для температур T_1 и T_2 ;

3). найти закон, выражающий распределение молекул идеального газа по относительным скоростям $f(u, T)$, где $u = \frac{v}{v_в}$;

4). для указанных температур определить долю молекул, скорость которых лежит в интервале от v_1 до v_2 ;

5). ответить на следующие вопросы:

а). что собой представляет абсцисса максимума графика функции $f(v, T)$ (рис. 3).

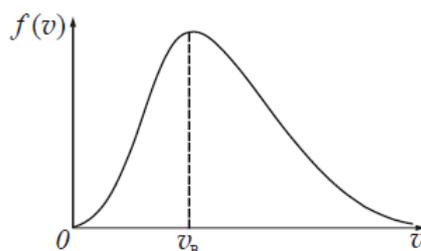


Рис. 3.

б). от чего зависит положение максимума кривой (рис. 3);

в). чему численно равна площадь, ограниченная всей кривой (рис. 3);

з). в какую сторону вдоль оси абсцисс сместится максимум графика функции $f(v, T)$ (рис. 3), как изменится высота максимума и площадь под кривой с увеличением температуры газа;

д). в какую сторону вдоль оси абсцисс сместится максимум графика функции $f(v, T)$ (рис. 3) и как изменится площадь под кривой, если взять другой газ с меньшей молярной массой μ и таким же числом молекул;

е). как изменится площадь под кривой (рис. 3) с увеличением числа молекул газа?

Газ X считать идеальным; независимо от характера процесса начальное и конечное состояния газа считать равновесными.

Числовые значения параметров задачи

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
X	H_2	He	O_2	N_2	NH_3	CO_2	Воздух	H_2	He	O_2	N_2	NH_3	CO_2
T_1, K	250	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380
T_2, K	270	290	300	310	320	330	340	360	380	360	370	390	400
$v_1, м/с$	350	400	410	420	430	450	460	480	490	500	510	520	530
$v_2, м/с$	360	410	420	430	440	460	470	490	500	510	520	530	540
№ варианта	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
X	Воздух	H_2	He	O_2	N_2	NH_3	CO_2	Ar	H_2	He	O_2	N_2	NH_3
T_1, K	380	370	360	350	340	330	320	310	300	290	280	270	260
T_2, K	400	390	380	370	360	350	340	330	320	310	300	290	280
$v_1, м/с$	550	540	530	510	500	490	480	470	460	450	440	430	420
$v_2, м/с$	560	550	540	520	510	500	490	480	470	460	450	440	410

3. ν молей газа X , занимающего объём V_1 и находящегося под давлением P_1 , подвергается изохорному нагреванию до температуры $T_2 = 2T_1$. После этого газ подвергли изотермическому расширению до начального давления, а затем он в результате изобарного сжатия возвращён в первоначальное состояние.

1). построить график цикла и определить:

2). изменение внутренней энергии газа в каждом из рассматриваемых термодинамических процессов и в целом за цикл;

3). работу газа в рассматриваемых термодинамических процессах и в целом за цикл;

4). количество теплоты, сообщённое газу в каждом из рассматриваемых процессов и за цикл в целом;

5). термодинамический КПД цикла.

Числовые значения параметров задачи

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
X	H_2	He	O_2	N_2	NH_3	CO_2	Воздух	H_2	He	O_2	N_2	NH_3	CO_2
ν , моль	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3
V_1 , л	5	4	3	2	1	6	7	8	9	10	5	4	3
$P_1 \cdot 10^5$, Па	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0	5,5	1,0	2,0	3,0
№ варианта	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
X	Воздух	H_2	He	O_2	N_2	NH_3	CO_2	Ar	H_2	He	O_2	N_2	NH_3
ν , моль	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4
V_1 , л	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4
$P_1 \cdot 10^5$, Па	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	2,0	2,0	4,0	3,0	4,0

4. Идеальная тепловая машина работает по циклу Карно. Рабочим телом является воздух, масса которого m . При давлении P_1 , воздух занимает объём V_1 . После изотермического расширения воздух занял объём V_2 ; после адиабатического расширения объём стал V_3 . Найти:

- 1). координаты пересечения изотерм и адиабат и построить диаграмму цикла Карно для рассматриваемого термодинамического процесса;
- 2). количество теплоты, полученной от нагревателя и количество теплоты, отданное холодильнику за один цикл;
- 3). работу, совершаемую на каждом участке цикла и полную работу за весь цикл;
- 4). изменение энтропии нагревателя и холодильника;
- 5). КПД цикла, а также холодильный коэффициент машины, если она будет совершать тот же цикл в обратном направлении.

Примечание: холодильным коэффициентом называется отношение количества теплоты, отнятого от охлаждаемого тела, к работе двигателя, приводящего в движение машину.

Числовые значения параметров задачи

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
m , кг	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	5	4
$P_1 \cdot 10^5$, Па	20	15	10	8	5	6	7	8	10	12	20	15	10

$V_1, \text{ м}^3$	0,2	0,1	0,15	0,2	0,1	0,4	0,5	0,5	0,3	0,4	0,2	0,3	0,4
$V_2, \text{ м}^3$	0,3	0,3	0,25	0,4	0,3	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6	0,4	0,5	0,6
$V_3, \text{ м}^3$	0,5	0,6	0,6	0,8	0,6	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,6	0,7	0,8
№ варианта	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
$m, \text{ кг}$	1	2	3	4	5	6	5	4	3	2	1	2	3
$P_1 \cdot 10^5, \text{ Па}$	10	20	30	20	25	30	15	12	9	8	5	6	3
$V_1, \text{ м}^3$	0,5	0,5	0,6	0,7	0,5	0,6	0,4	0,6	0,3	0,4	0,2	0,5	0,4
$V_2, \text{ м}^3$	0,7	0,6	0,7	0,8	0,6	0,7	0,6	0,7	0,6	0,6	0,4	0,7	0,7
$V_3, \text{ м}^3$	0,8	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,6	0,8	0,9

5. В баллоне объёмом V находится газ X массой m при температуре T .

Рассматривая газ X как реальный газ, определить:

- 1). внутреннее давление газа;
- 2). давление газа на стенки баллона; сравнить результат с давлением идеального газа при тех же условиях; какую часть давления газа составляет давление, обусловленное силами взаимодействия молекул?
- 3). эффективный диаметр молекулы газа X ; собственный объём молекул; какую часть объёма баллона составляет собственный объём молекул?
- 4). определить внутреннюю энергию газа и сравнить её с внутренней энергией идеального газа при тех же условиях;
- 5). вычислить критическую температуру $T_{кр.}$, критическое давление $P_{кр.}$, критический объём $V_{кр.}$ и критическую плотность $\rho_{кр.}$ газа X .

Числовые значения параметров задачи

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
X	N_2	Ar	H_2	воздух	He	O_2	CO_2	Cl_2	N_2	Ar	H_2	воздух	He
$V \cdot 10^{-2}, \text{ м}^3$	2	4	3	4	5	3	4	5	6	5	4	3	2
$m, \text{ кг}$	0,5	0,4	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	0,5	0,6	0,2	0,2	0,6	0,1
$T, \text{ К}$	280	290	300	320	350	300	340	300	330	320	300	290	280
№ варианта	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
X	N_2	Ar	H_2	воздух	He	O_2	CO_2	Cl_2	N_2	Ar	H_2	воздух	He
$V \cdot 10^{-2}, \text{ м}^3$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3
$m, \text{ кг}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3

T, K	350	340	330	320	310	300	290	280	290	300	310	320	330
--------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

РГР №3 «Электростатика. Постоянный электрический ток»

Электростатика

1. Зависимость вектора напряжённости электростатического поля, созданного объёмным электрическим зарядом, выражается уравнением:

$$\vec{E} = ax^{-2}\vec{i} + by^{-2}\vec{j} + cz^{-2}\vec{k},$$

где $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ – единичные орты осей X, Y, Z ; a, b, c – постоянные. Определить:

1). объёмную плотность электрического заряда ρ в точке пространства A с координатами x_1, y_1, z_1 : $A(x_1, y_1, z_1)$;

2). модуль и направление вектора напряжённости \vec{E} в точке A ;

3). силу F взаимодействия точечного заряда q_0 с объёмным зарядом в точке A ;

4). значение потенциала φ этого поля в точках: $B(x_1, 0, 0)$; $C(0, y_1, 0)$; $D(0, 0, z_1)$;

5). потенциальную энергию взаимодействия точечного заряда q_0 с объёмным зарядом в точках электростатического поля $B(x_1, 0, 0)$; $C(0, y_1, 0)$; $D(0, 0, z_1)$ и работу, совершаемую электрическим полем при перемещении точечного заряда q_0 из точки $B(x_1, 0, 0)$ в точку $C(0, y_1, 0)$, из точки $B(x_1, 0, 0)$ в точку $D(0, 0, z_1)$, из точки $C(0, y_1, 0)$ в точку $D(0, 0, z_1)$. Значение потенциала поля в точке начала координат принять равным нулю: $\varphi_0 = 0$.

Числовые значения параметров задачи

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
a	2	1	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3
b	1	2	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1
c	3	4	3	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
$q_0 \cdot 10^{-6},$ $Кл$	3	4	5	2	1	2	3	4	5	1	2	3	4
$x_1, м$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,1
$y_1, м$	0,2	0,3	0,4	0,5	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,1	0,2	0,3	0,4
$z_1, м$	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,2
№ варианта	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
a	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3
b	2	1	2	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

<i>c</i>	4	3	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1
$q_0 \cdot 10^{-6}$, <i>Кл</i>	3	4	5	2	1	2	3	4	5	1	2	3	4
$x_1, м$	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,1
$y_1, м$	0,2	0,3	0,4	0,5	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,1	0,2	0,3	0,4
$z_1, м$	0,4	0,2	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,2

2. Площадь обкладок плоского конденсатора S , а расстояние между обкладками равно d . Конденсатор зарядили до разности потенциалов U_1 и отключили от источника напряжения, после чего вплотную к обкладкам вдвинули пластину диэлектрика с диэлектрической проницаемостью ϵ . Определить:

1). следующие параметры конденсатора:

- ёмкости конденсатора C_1 и C_2 до и после введения диэлектрика;
- электрический заряд на обкладках конденсатора;
- разность потенциалов U_2 между обкладками конденсатора после введения диэлектрика;
- напряжённость электростатического поля внутри конденсатора до и после введения пластины диэлектрика;
- поверхностную плотность заряда на обкладках конденсатора до и после введения пластины диэлектрика;
- энергию конденсатора до и после введения диэлектрика;

2). следующие параметры диэлектрика:

- диэлектрическую восприимчивость диэлектрика;
- поляризованность пластины диэлектрика;
- поверхностную плотность связанных зарядов на диэлектрике;
- электрическое смещение внутри пластины диэлектрика;

3).давление, испытываемое пластиной диэлектрика со стороны обкладок конденсатора;

4).работу, которую нужно совершить против сил электрического поля, чтобы вынуть диэлектрик;

5). определить общую ёмкость батареи конденсаторов, если к конденсатору C_1 присоединить последовательно два таких же конденсатора, соединённых между собой параллельно (рис. 1).

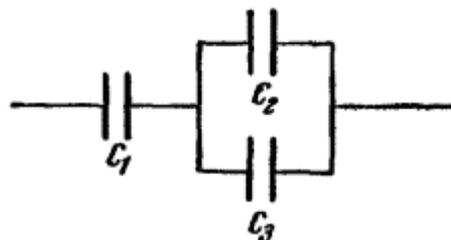


Рис. 1.

Числовые значения параметров задачи

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$S, м^2$	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,05
$d \cdot 10^{-3}, м$	5	6	5	4	5	6	7	5	3	2	3	5	2
$U_1, В$	300	200	100	400	250	300	200	400	100	200	300	400	500
ε	7	2	5	2	5	3	7	5	3	2	3	5	2
№ варианта	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
$S, м^2$	0,05	0,03	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,05	0,03	0,04	0,06	0,05	0,05
$d \cdot 10^{-3}, м$	5	6	5	4	5	6	7	5	3	2	3	5	2
$U_1, В$	200	100	400	250	300	200	400	100	200	300	400	500	100
ε	2	5	7	5	3	2	5	5	2	3	2	5	5

3. Два металлических шара соединены проволочкой, ёмкостью которой можно пренебречь. Радиус первого шара R_1 , а заряд q_1 , радиус второго шара R_2 , а потенциал φ_2 . Найти:

- 1). потенциал φ_1 первого шара и заряд q_2 второго шара до разряда;
- 2). энергии W_1 и W_2 каждого шара до разряда;
- 3). заряд q_1' и потенциал φ_1' первого шара после разряда;
- 4). заряд q_2' и потенциал φ_2' второго шара после разряда;
- 5). энергию W соединённых проводником шаров и работу A разряда.

Числовые значения параметров задачи

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$R_1, см$	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	8	7
$q_1, нКл$	10	9	8	6	5	4	6	5	5	6	7	8	8
$R_2, см$	2	1	1	1	2	3	4	5	6	7	8	7	6
$\varphi_2, кВ$	9	8	7	6	5	4	3	4	4	5	6	7	8
№ варианта	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
$R_1, см$	6	5	4	3	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$q_1, нКл$	7	6	5	4	3	4	5	6	7	8	9	10	9
$R_2, см$	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	7

$\varphi_2, \text{кВ}$	4	3	2	1	2	3	3	2	3	4	5	6	8
------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Постоянный электрический ток

4. Однородный участок цепи состоит из проводника в виде металлической проволоки молярной массой μ , плотностью ρ , длиной l , диаметром d и удельной электропроводностью σ . Напряжение на концах участка цепи U . Определить:

- 1). сопротивление R участка цепи; силу I и плотность тока j в цепи, заряд q прошедший по проводнику за время t ;
- 2). среднюю скорость упорядоченного движения $\langle v \rangle$ электронов вдоль проволоки (скорость дрейфа), полагая, что на каждый атом материала проводника приходится один электрон проводимости;
- 3). напряжённость E электрического поля и суммарный импульс электронов проводимости в проводнике;
- 4). количество теплоты Q , выделяемое в проводнике при прохождении тока за время t ; объёмную плотность тепловой мощности тока w ;
- 5). какой заряд пройдёт по проводнику за время t , если напряжение на концах проводника равномерно возрастает от 0 до U_{max} ; построить для рассматриваемого случая график зависимости силы тока от напряжения (вольт -амперную характеристику проводника): $I = f(U)$.

Числовые значения параметров задачи

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$\mu \cdot 10^{-3}, \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$	27	184	56	64	108	197	27	184	56	64	108	197	27
$\rho \cdot 10^3, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	27	19,3	7,9	8,9	10,5	19,3	27	19,3	7,9	8,9	10,5	19,3	27
$l, \text{м}$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4
$d, \text{мм}$	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	0,5	0,6	0,7
$\sigma \cdot 10^6, \frac{\text{См}}{\text{м}}$	38	18,2	10	59,5	62,5	45,5	38	18,2	10	59,5	62,5	45,5	38
$U, \text{В}$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4
$t, \text{с}$	3	4	5	6	7	8	9	10	9	8	7	6	5
$U_{max}, \text{В}$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4
№ варианта	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
$\mu \cdot 10^{-3}, \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$	27	184	56	64	108	197	27	184	56	64	108	197	27
$\rho \cdot 10^3, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	27	19,3	7,9	8,9	10,5	19,3	27	19,3	7,9	8,9	10,5	19,3	27

$l, м$	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7
$d, мм$	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,4	1,5	2,0	2,2	2,4	2,5	3,0	3,5
$\sigma \cdot 10^6, \frac{См}{м}$	38	18,2	10	59,5	62,5	45,5	38	18,2	10	59,5	62,5	45,5	38
$U, В$	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
$t, с$	4	5	6	7	8	9	10	9	8	7	6	5	4
$U_{max}, В$	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

5. К источнику тока с ЭДС \mathcal{E} и внутренним сопротивлением r присоединены три сопротивления R_1, R_2 и R_3 как показано на схеме (рис. 2). Определить:

- силу тока короткого замыкания $I_{кз.}$; общее сопротивление R внешней цепи;
- силу тока I во внешней цепи, напряжение U_r во внутренней цепи, напряжение U во внешней цепи при замкнутом ключе K ; силы тока I_1, I_2, I_3 и падение напряжений U_1, U_2, U_3 соответственно на сопротивлениях R_1, R_2 и R_3 ;
- показания вольтметра сопротивлением R_v при разомкнутом ключе K ; относительную погрешность в показаниях вольтметра без учёта тока, идущего через вольтметр;
- полную мощность P источника тока; полезную мощность P_n во внешней цепи; максимальную полезную мощность P_{max} в режиме согласования источника ток с его нагрузкой; КПД η источника тока; количество теплоты Q_1, Q_2, Q_3 , выделяемое в секунду при прохождении тока соответственно на сопротивлениях R_1, R_2 и R_3 ;
- построить график зависимости падения напряжения U во внешней цепи от внешнего сопротивления R ; сопротивление R взять в пределах $R'' \leq R \leq R'$ через каждые 2 Ом.

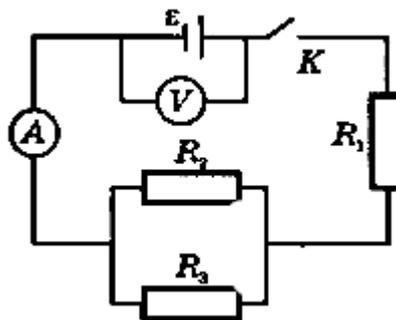


Рис. 2.

Числовые значения параметров задачи

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$\mathcal{E}, В$	6	5	4	3	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$r, Ом$	0,5	0,4	0,3	0,2	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3
$R_1, Ом$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	9	8	7

$R_2, Ом$	2	1	4	3	4	5	6	7	8	9	10	9	8
$R_3, Ом$	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	9
$R_{\nu}, кОм$	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0
$R', Ом$	5	6	8	10	5	6	8	10	5	6	8	10	5
$R'', Ом$	2	3	4	5	2	3	4	5	2	3	4	5	2
№ варианта	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
$\epsilon, В$	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	8
$r, Ом$	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2
$R_1, Ом$	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4
$R_2, Ом$	5	4	4	3	3	2	2	3	4	5	6	7	8
$R_3, Ом$	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	9
$R_{\nu}, кОм$	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	1,5	1,6	1,7	1,8
$R', Ом$	5	6	8	10	5	6	8	10	5	6	8	10	5
$R'', Ом$	2	3	4	5	2	3	4	5	2	3	4	5	2

РГР №4 «Электромагнетизм»

1. Электрон в водородоподобном ионе $\frac{AZ}{X}$ движется по круговой орбите, радиус которой определяется соотношением $r_n = \frac{r_1}{Z} n^2$, где $r_1 = 0,53 \cdot 10^{10} м$ – радиус первой боровской орбиты электрона, Z – порядковый номер атома в периодической системе элементов Д.И.Менделеева, n – номер орбиты электрона в атоме (главное квантовое число). Считая заряд и массу электрона известными ($m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} кг$, $e = 1,6 \cdot 10^{-19} Кл$), определить:

- 1). силу I эквивалентного кругового тока при движении электрона вокруг ядра атома;
- 2). магнитный момент P_m эквивалентного кругового тока; орбитальный механический момент L_e электрона; гиромагнитное отношение g орбитальных моментов (отношение числового значения орбитального магнитного момента P_m электрона к числовому значению его орбитального механического момента L_e);
- 3). магнитную индукцию B_1 поля, создаваемого электроном в центре круговой орбиты;
- 4). изменение $\Delta\omega$ угловой скорости электрона при помещении атома в однородное магнитное поле с индукцией B_2 , перпендикулярной плоскости орбиты (рис. 24),

учитывая, что $\Delta\omega \ll \omega_0$, где ω_0 – угловая скорость обращения электрона по круговой орбите вокруг ядра в отсутствии поля B_2 ;

5). изменение магнитного момента электрона ΔP_m , обусловленное изменением его угловой скорости $\Delta\omega$; направление вектора $\Delta\vec{P}_m$ в обоих случаях.

Числовые значения параметров задачи

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$\frac{A}{Z}X$	${}^{20}_{10}Ne$	${}^{19}_9F$	${}^{16}_8O$	${}^{14}_7N$	${}^{12}_6C$	${}^{10}_5B$	9_4Be	7_3Li	4_2He	1_1H	${}^{23}_{11}Na$	${}^{24}_{12}Mg$	4_2He
n	3	3	2	1	2	3	2	3	2	1	2	3	1
$B_2, Tл$	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
№ варианта	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
$\frac{A}{Z}X$	4_2He	${}^{24}_{12}Mg$	${}^{23}_{11}Na$	1_1H	4_2He	${}^{20}_{10}Ne$	${}^{19}_9F$	${}^{16}_8O$	${}^{14}_7N$	${}^{12}_6C$	${}^{10}_5B$	9_4Be	7_3Li
n	1	2	3	1	2	3	3	2	3	1	2	3	2
$B_2, Tл$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5

2. По квадратной проволочной рамке со стороной a и сопротивлением R течёт электрический ток силой I .

1.1. Определить:

1). напряжённость H_1 и индукцию B_1 магнитного поля в центре рамки;

2). магнитный момент P_m рамки с током;

Рассматриваемая рамка помещена в однородное магнитное поле с индукцией B_2 .

Нормаль к плоскости рамки составляет с направлением магнитного поля угол φ .

Определить:

3). магнитный поток Φ_m , пронизывающий рамку;

4). вращающий момент M , действующий на рамку; работу A , которую необходимо затратить для поворота рамки относительно оси, проходящей через середину её противоположных сторон, на угол φ ;

5). заряд Q , который пройдет по рамке при изменении угла между нормалью к рамке и линиями магнитной индукции от 0 до φ , в случае, если по ней не течёт ток I .

Действием магнитного поля Земли пренебречь.

Числовые значения параметров задачи

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$a, м$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	0,9	0,8	0,7

I, A	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	5,0	4,5	4,0	3,5
R, Ω	2	1	2	3	4	5	6	7	8	10	9	8	7
φ^0	30	45	60	90	0	30	45	60	90	0	30	45	60
$B_2, Tл$	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,5
№ варианта	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
$a, м$	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
I, A	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0
R, Ω	3	4	5	6	5	4	3	2	3	4	5	6	5
φ^0	90	60	45	30	0	30	45	60	90	0	30	45	60
$B_2, Tл$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	0,9	0,8	0,7

3. В соленоиде длиной l , диаметром D и с числом витков N течёт ток силой I .
Определить:

- 1). напряжённость H_1 и индукцию магнитного поля B_1 внутри соленоида; индуктивность L_1 соленоида;
- 2). потокосцепление ψ_1 ; магнитный момент P_m этого соленоида; энергию W_1 и объёмную плотность энергии w_1 магнитного поля внутри соленоида; магнитодвижущую силу F_m ;
- 3). ошибку δ , которую допускаем при нахождении напряжённости H_1 магнитного поля в центре соленоида, принимая соленоид за бесконечно длинный;
- 4). индукцию магнитного поля B_2 , индуктивность L_2 , потокосцепление ψ_2 , энергию W_2 и объёмную плотность энергии w_2 магнитного поля внутри соленоида, когда в него вставлен железный сердечник, магнитную проницаемость μ_2 и намагничённость J_2 сердечника (график зависимости индукции магнитного поля от напряжённости представлен на рис. 3);
- 5). построить для соленоида с сердечником график зависимости потокосцепления ψ_2 от тока I в интервале $0 \leq I \leq I_1$ через каждый 1 А.

Числовые значения параметров задачи

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$l, м$	0,3	0,4	0,5	0,6	0,5	0,4	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,6	0,5
$D, см$	3	4	5	6	5	4	3	4	5	6	7	6	5
N	150	200	250	300	400	300	200	250	300	350	400	300	200

I, A	3	4	5	4	5	4	3	5	6	6	7	5	4
I_1, A	3	4	5	4	5	4	3	5	6	6	7	5	4
№ варианта	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
$l, м$	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
$D, см$	5	4	3	4	5	6	4	5	3	4	5	6	5
N	500	450	400	350	300	250	200	200	250	300	350	400	450
I, A	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4
I_1, A	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4

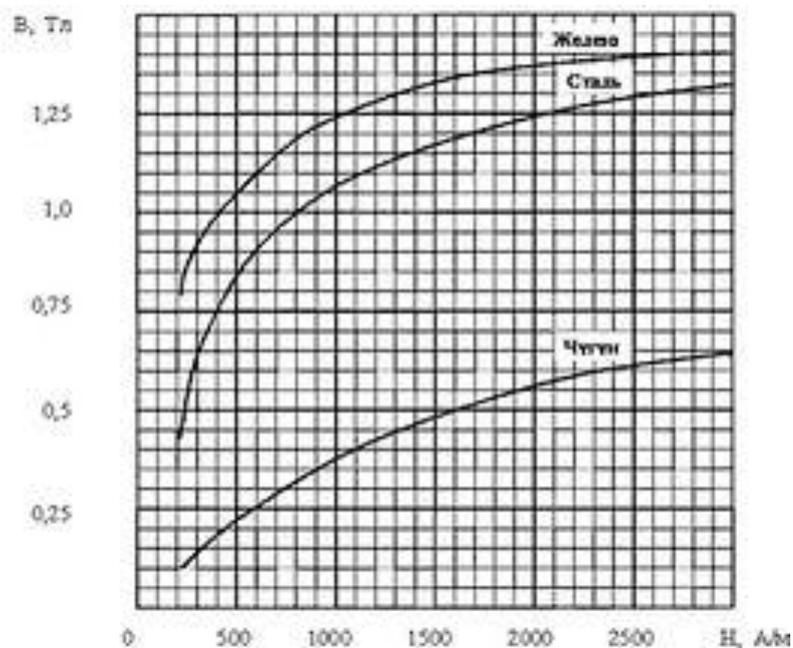


Рис. 3

4. В магнитном поле находится квадратная проволочная рамка со стороной l и сопротивлением R . Определить:

I. В случае однородного магнитного поля индукцией B :

- 1). электрический заряд q , который пройдёт через рамку, при её повороте на угол α ;
- 2). ЭДС индукции \mathcal{E}_i , которая возникнет в рамке в случае, если одна её сторона подвижная и перемещается перпендикулярно линиям магнитной индукции со скоростью v ;
- 3). среднюю ЭДС индукции $\langle \mathcal{E} \rangle$, возникающую в рамке при включении магнитного поля в течение времени Δt , если её плоскость перпендикулярна к направлению магнитного поля;

4). максимальную ЭДС индукции \mathcal{E}_{max} , если рака равномерно вращается в магнитном поле с угловой скоростью ω , а ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям магнитной индукции.

II. Индукция магнитного поля меняется по закону $B = B_0 \sin \omega t$, плоскость рамки перпендикулярна к направлению магнитного поля:

5). магнитный поток Φ_m , пронизывающий рамку; ЭДС индукции \mathcal{E}_i , возникающую в рамке; силу тока I , текущего в рамке в момент времени t .

Числовые значения параметров задачи

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$l, м$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
$R, Ом$	2	1	3	4	5	4	3	2	2	1	3	4	5
$B, Тл$	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
α^0	30	45	60	90	0	30	45	60	90	0	30	45	60
$v, \frac{м}{с}$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4
$\Delta t, мс$	10	9	8	7	6	5	4	3	4	5	6	7	8
$\omega, рад.$	314	628	942	157	314	628	942	1256	157	314	628	942	1256
$B_0, Тл$	0,0 1	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1	0,08	0,07	0,06
$t, с$	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
№ варианта	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
$l, м$	0,5	0,6	0,7	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
$R, Ом$	5	6	7	5	4	3	2	3	4	5	6	7	8
$B, Тл$	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3	0,4
α^0	0	30	45	60	90	0	30	45	60	90	0	30	45
$v, \frac{м}{с}$	10	9	8	7	6	5	3	2	1	2	3	4	5
$\Delta t, мс$	10	9	8	7	6	5	3	2	1	2	3	4	5
$\omega, рад.$	157	314	628	942	1256	157	314	628	942	1256	157	314	628
$B_0, Тл$	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	0,02	0,08	0,07	0,06	0,05
$t, с$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3

5. Рассматриваем систему уравнений Максвелла:

- 1). запишите полную систему уравнений Максвелла в интегральной и дифференциальной формах и объясните их физический смысл; зачем необходима дифференциальная форма уравнений Максвелла?
- 2). запишите полную форму уравнений Максвелла для стационарных полей ($E = const$; $B = const$) в интегральной и дифференциальной формах и объясните их физический смысл;
- 3). запишите уравнения Максвелла через поток вектора электрического смещения Φ_D , поток вектора магнитной индукции Φ_B , заряд q и силу тока I ;
- 4). докажите с помощью одного из уравнений Максвелла, что переменное во времени магнитное поле не может существовать без электрического поля;
- 5). из уравнений Максвелла выведите дифференциальную форму уравнения непрерывности.

РГР №5 «Колебания и волны. Оптика»

1. Материальная точка массой m совершает гармонические колебания по закону синуса с амплитудой A , периодом T , начальной фазой φ_0 .

Написать:

- 1). уравнения гармонических колебаний точки, её скорости u , ускорения a и возвращающей силы F .

Определить:

- 2). смещение x_1 точки через время t_1 от начала колебания;
- 3). максимальные скорость u_{max} , ускорение a_{max} , значение возвращающей силы F_{max} , действующей на точку и её полную энергию E ;
- 4). средние значения скорости $\langle u \rangle$ и ускорения $\langle a \rangle$ точки на пути от её крайнего положения до положения равновесия;
- 5). начертить график колебаний точки и построить векторную диаграмму для момента времени $t_0 = 0$.

Числовые значения параметров задачи

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$m, кг$	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,15	0,20	0,30
$A, м$	0,05	0,04	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,20	0,30	0,35
$T, с$	3,0	2,5	2,0	2,0	2,5	3,0	3,0	3,5	3,0	4,0	1,5	2,0	2,5
$\varphi_0, рад.$	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{\pi}{3}$	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{\pi}{6}$	0	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{\pi}{3}$	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{\pi}{6}$	0	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{\pi}{3}$	$\frac{\pi}{4}$
$t_1, с$	1,5	2,0	1,5	1,5	2,0	1,5	2,0	3,0	2,5	2,0	1,0	1,0	2,0
№ варианта	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
$m, кг$	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,15	0,20	0,30	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
$A, м$	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,20	0,30	0,35	0,06	0,01	0,02	0,03	0,04

T, c	3,0	2,5	2,0	2,0	2,5	3,0	3,0	3,5	3,0	4,0	1,5	2,0	2,5
$\varphi_0, рад.$	0	$\frac{\pi}{6}$	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{\pi}{3}$	$\frac{\pi}{2}$	0	$\frac{\pi}{6}$	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{\pi}{3}$	$\frac{\pi}{2}$	0	$\frac{\pi}{6}$	$\frac{\pi}{4}$
t_1, c	2,0	2,0	1,5	1,0	2,0	2,5	1,5	3,0	2,5	2,0	1,0	1,0	2,0

1. От источника колебаний в однородной и изотропной не поглощающей упругой среде плотностью ρ вдоль прямой линии, совпадающей с положительным направлением оси x , со скоростью v распространяется плоская синусоидальная волна заданная уравнением $\xi(x, t) = A \cos(\omega t - kx)$, где A – амплитуда волны, ω – циклическая частота волны. Определить:

- 1). период T , частоту ν , волновое число k , длину λ и интенсивность I волны;
- 2). фазу колебаний φ_1 , смещение $\xi(x_1, t_1)$, скорость $\dot{\xi}$ и ускорение $\ddot{\xi}$ точки, расположенной на расстоянии x_1 от источника колебаний в момент времени t_1 ;
- 3). максимальные значения скорости $\dot{\xi}_{max}$ и ускорения $\ddot{\xi}_{max}$ колебаний частиц среды;
- 4). разность фаз $\Delta\varphi$ колебаний двух точек среды, отстоящих друг от друга на расстоянии Δx ;
- 5). написать и изобразить графически уравнение колебания для точек волны в момент времени t_1 после начала колебаний.

Числовые значения параметров задачи

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$\rho \cdot 10^3, \frac{кг}{м^3}$	8,55	0,90	9,00	2,70	7,87	8,55	8,80	11,30	7,30	2,20	2,70	7,87	8,55
$v \cdot 10^3, \frac{м}{с}$	3,5	3,3	3,7	5,0	5,2	3,5	4,8	2,6	2,7	5,4	5,0	5,2	3,5
$A \cdot 10^{-4}, м$	2,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	8,0	7,0	6,0
$\omega, \frac{рад.}{с}$	3,14	6,28	9,42	12,56	18,84	3,14	6,28	9,42	6,28	18,84	3,14	6,28	9,42
$x_1, м$	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
$t_1 \cdot 10^{-4}, c$	1,4	1,2	0,8	0,5	0,2	0,6	0,6	1,5	1,9	1,1	1,5	1,6	2,6
$\Delta x, м$	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
№ варианта	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
$\rho \cdot 10^3, \frac{кг}{м^3}$	8,55	8,80	9,00	8,55	0,9	2,7	7,30	2,20	11,3	2,70	7,87	2,20	9,00
$v \cdot 10^3, \frac{м}{с}$	3,0	5,0	3,7	3,5	3,3	4,5	2,7	5,4	2,6	5,2	5,3	5,4	3,7

$A \cdot 10^{-4}, м$	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	4,0	3,5	3,0	2,5
$\omega, \frac{рад.}{с}$	3,14	6,28	9,42	6,28	18,84	3,14	6,28	9,42	3,14	6,28	9,42	12,56	18,84
$x_{1, м}$	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3	0,4	0,2	0,6	0,7	0,8	0,7
$t_1 \cdot 10^{-4}, с$	1,6	0,8	0,8	0,6	0,3	0,5	1,1	0,7	4,2	1,2	1,3	1,5	1,9
$\Delta x, м$	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50

2. В цепь переменного тока с внешним напряжением $U = 220 В$ и частотой $\nu = 50 Гц$ включены последовательно ёмкость C , резистор сопротивлением R и катушка индуктивностью L (рис. 1). Определить:

- 1). ёмкостное X_C , индуктивное X_L и полное (импеданс) Z сопротивления цепи;
- 2). амплитудные значения внешнего напряжения U_m , силы тока I_m , напряжения на активном сопротивлении U_{Rm} , напряжения на конденсаторе U_{Cm} , напряжения на катушке индуктивности U_{Lm} ; действующее значение силы тока I_d в цепи;
- 3). определить частоту ω_p внешнего напряжения U , при которой в цепи наступит резонанс; действующие значения силы тока и напряжения на всех элементах цепи при резонансе;
- 4). разность фаз ϕ между силой тока и внешним напряжением; среднюю мощность $\langle P \rangle$, выделяемую в цепи;
- 5). построить векторную диаграмму тока и напряжений в цепи.

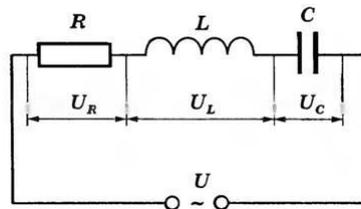


Рис. 1.

Числовые значения параметров задачи

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$C, мкФ$	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90
$R, Ом$	100	90	80	70	60	50	40	50	60	70	80	90	100
$L, Гн$	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
№ варианта	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
$C, мкФ$	100	90	80	70	60	50	40	50	60	70	80	90	100

$R, \text{ Ом}$	90	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	20	30
$L, \text{ Гн}$	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9

3. В однородной изотропной и немагнитной ($\mu = 1$) среде с диэлектрической проницаемостью ϵ вдоль оси X распространяется плоская электромагнитная волна, электрическое поле которой описывается уравнением $E = E_0 \cos(\omega t - kx)$, и падает на поверхность тела, полностью её поглощающего. Считая амплитудное значение напряжённости E_0 электрического поля и частоту ν волны известными, определить:

- 1). показатель преломления n среды, фазовую скорость u , волновое число k и длину λ волны;
- 2). амплитуду напряжённости H_0 магнитного поля волны; написать уравнение её магнитной составляющей;
- 3). интенсивность волны I ; давление P , оказываемое волной на тело;
- 4). изменение длины волны $\Delta\lambda$ в случае, если бы рассматриваемая электромагнитная волна переходила из немагнитной среды с диэлектрической проницаемостью ϵ в вакуум;
- 5). изобразить графически взаимное расположение векторов \vec{E} , \vec{H} и \vec{u} в волне.

Числовые значения параметров задачи

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ϵ	2,0	2,2	3,0	5,0	7,0	1,0	2,0	3,0	7,0	2,2	5,0	1,0	2,0
$E_0, \frac{B}{m}$	10	9	8	7	6	5	6	7	8	9	10	11	12
$\nu, \text{ МГц}$	5	6	7	8	9	10	11	10	9	8	7	6	5
$S, \text{ см}^2$	10	9	8	7	6	5	6	7	8	9	10	9	8
№ варианта	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
ϵ	7,0	5,0	3,0	2,2	2,0	1,0	2,0	2,2	3,0	5,0	7,0	5,0	3,0
$E_0, \frac{B}{m}$	6	7	8	9	10	11	12	10	9	8	7	6	5
$\nu, \text{ МГц}$	11	10	9	8	7	6	5	5	6	7	8	9	10
$S, \text{ см}^2$	6	7	8	9	10	9	8	10	9	8	7	6	5

4. На дифракционную решётку длиной l_1 , содержащую N_1 штрихов, нормально к её поверхности падает монохроматический свет с длиной волны λ . На экран, изготовленный из диэлектрика, находящийся от решётки на расстоянии L , с помощью линзы, расположенной вблизи решётки, проецируется дифракционная картина, причём первый главный максимум находится на расстоянии l от центрального (рис. 2).

Определить:

- 1). период d дифракционной решётки; число штрихов n_0 на 1 мм её длины;
- 2). наибольший порядок k_{max} спектра; общее число N главных максимумов, даваемых решёткой; угол дифракции φ_{max} , соответствующий последнему максимуму;
- 3). максимальный угол дифракции φ'_{max} в случае, если свет падает под углом ϑ к её нормали (рис. 41);
- 4). максимальную разрешающую способность R_{max} дифракционной решётки; разность длин волн $\delta\lambda$, разрешаемую этой решёткой в спектре второго порядка; её угловую дисперсию D_φ для наибольшего порядка k_{max} спектра и угла дифракции φ_{max} ;
- 5). показатель преломления диэлектрика n , если отражённый от него под углом φ_{max} луч полностью поляризован.

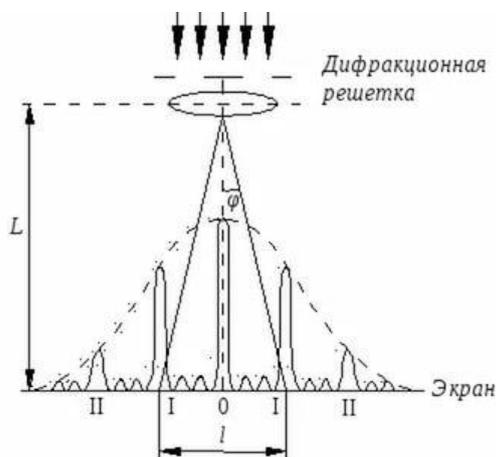


Рис. 2.

Числовые значения параметров задачи

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$l_1, мм$	15	20	25	30	35	40	45	50	45	40	30	20	15
$N_1 \cdot 10^3$	3	3,5	4	4,5	3,5	4	4,5	5	4,5	4	3	2	1,5
$\lambda, нм$	550	600	650	700	750	380	400	450	500	550	600	650	700
$L, м$	1,0	0,5	1,0	1,5	0,5	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,60	0,70
$l, м$	0,10	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10
ϑ^0	60	45	30	0	60	45	30	0	60	45	30	0	60
№ варианта	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
$l_1, мм$	40	45	50	45	40	30	20	15	15	20	25	30	35
$N_1 \cdot 10^3$	5	4	5	4	4	3	3	2	1,5	1	2	2,5	3,5

$\lambda, \text{нм}$	380	400	450	500	550	600	650	700	550	600	650	700	750
$L, \text{м}$	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,60	0,70	1,0	0,5	1,0	1,5	0,5
$l, \text{м}$	0,09	0,10	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,10	0,05	0,06	0,07	0,08
ϑ^0	60	45	30	0	60	45	30	0	60	45	30	0	60

РГР №6 «Основы квантовой физики. Физика атомного ядра и элементарных частиц»

1. Поглощательная способность тела площадью поверхности S при температуре T равна A_T . Определить:

- 1). энергетическую светимость R_T тела и его радиационную температуру T_p ;
- 2). поток энергии Φ и энергия W , излучаемая телом в виде электромагнитных волн за время t ;
- 3). длину волны λ_{max} , соответствующую максимальной спектральной плотности энергетической светимости $(r_{\lambda, T})_{max}$, считая $A_T = 1$;
- 4). как изменится длина волны λ_{max} , соответствующая максимуму спектральной плотности энергетической светимости тела, если площадь, ограниченная графиком спектральной плотности энергетической светимости $r_{\lambda, T}$ тела, при переходе от температуры $T_1 = T$ до температуры T_2 увеличилась в n раз при $A_T = 1$;
- 5). объёмную плотность $u(T)$ энергии электромагнитного излучения тела и давление P теплового излучения.

Числовые значения параметров задачи

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$S, \text{м}^2$	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,50	0,45
$T, \text{К}$	290	300	350	400	450	500	290	300	350	400	450	500	450
A_T	0,15	0,35	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85
$t, \text{с}$	10	15	20	30	35	40	45	50	55	60	55	50	45
$(r_{\lambda, T})_{max} \times 10^{11} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$	1,3	1,2	1,1	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,6	1,5
$T_2, \text{К}$	300	310	360	450	500	550	300	350	400	450	500	550	500
n	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,3	1,2	1,4	1,5
№ варианта	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
$S, \text{м}^2$	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,50	0,45	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45

T, K	290	300	350	400	450	500	450	290	300	350	400	450	500
A_T	0,50	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,15	0,35	0,30	0,35	0,40	0,45
t, c	45	50	55	60	55	50	45	10	15	20	30	35	40
$(r_{\lambda, T})_{max} \times 10^{11} \frac{Bm}{m^3}$	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,6	1,5	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,6
T_2, K	300	320	400	420	500	520	500	320	320	400	450	500	520
n	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,3	1,2	1,4	1,5

2. На плоскую металлическую пластину площадью S с коэффициентом отражения ρ и работой выхода A , служащую фотокатодом вакуумного фотоэлемента, падает нормально параллельный монохроматический пучок света интенсивностью I и длиной волны λ . Считая фотоэффект линейным, определить:

- 1). частоту ν , энергию ϵ_γ , массу m_γ и импульс P_γ , падающих на пластину фотонов;
- 2). красную границу фотоэффекта ν_0 , максимальную кинетическую энергию K_{max} фотоэлектронов и задерживающую разность потенциалов U_3 , при которой прекратится фотоэффект;
- 3). световое давление P на пластину, величину светового потока Φ_e и число фотонов $n_{погл.}$, поглощаемых каждую секунду пластиной;
- 4). максимальный импульс P_{max} , передаваемый пластине при вылете электрона; силу фототока насыщения $I_{фн}$, полагая что каждый поглощённый пластиной фотон вырывает фотоэлектрон;
- 5). на рисунках 3 (а, б) представлены вольт – амперные характеристики фотоэффекта:

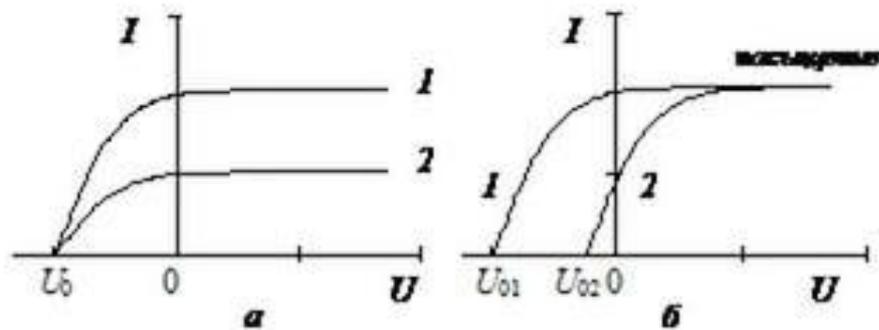


Рис. 3.

Объясните причины отличия этих кривых.

Числовые значения параметров задачи

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$S \cdot 10^{-4} m^2$	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	2,5	3,0

ρ	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	0	0,2	0,3	0,4	0,5
$A, \text{эВ}$	2,2	2,3	2,5	4,0	4,7	6,3	4,7	4,0	2,5	2,3	2,2	2,3	2,5
$I, \frac{\text{Вм}}{\text{м}^2}$	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700
$\lambda, \text{нм}$	400	450	500	550	600	650	700	750	700	650	600	550	500
№ варианта	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
$S \cdot 10^{-4} \text{м}^2$	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	2,5	3,0	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	4,5
ρ	0,9	1,0	0	0,2	0,3	0,4	0,5	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
$A, \text{эВ}$	4,7	4,0	2,5	2,3	2,2	2,3	2,5	2,2	2,3	2,5	4,0	4,7	6,3
$I, \frac{\text{Вм}}{\text{м}^2}$	400	450	500	550	600	650	700	100	150	200	250	300	350
$\lambda, \text{нм}$	700	750	700	650	600	550	500	400	450	500	550	600	650

3. Водородоподобный ион с порядковым номером Z в периодической системе элементов находится в возбуждённом состоянии с главным квантовым числом n . Определить:

I. На основе боровской модели атома:

1). радиус n – ой боровской орбиты r_n электрона; орбитальный момент импульса L_e электрона, скорость v_n его движения; частоту f вращения по орбите, силу эквивалентного тока I_e ; магнитный момент P_{me} ;

2). потенциальную E_n , кинетическую E_k и полную E энергию электрона (в электрон-вольтах); на сколько изменится энергия ΔE и орбитальный момента импульса ΔL_e электрона при излучении атомом фотона с длиной волны λ ; энергию ионизации E_i атома;

3). наибольшие и наименьшие длины волн спектральных линий атома, соответствующие переходу электрона в атоме с n –ой орбиты на m - ную орбиту, где $m = n - k$; изобразить эти электронные переходы на диаграмме энергетических уровней атома;

II. На основе квантово - механической модели атома;

4). длину волны λ_B де Бройля для электрона на рассматриваемой орбите; сколько длин волн де Бройля уложится на длине этой стационарной орбиты электрона; буквенное обозначение соответствующего энергетического уровня (электронной орбитали, электронной оболочки), возможные значения орбитального l и магнитного m_l квантовых чисел и соответствующие им квантовые состояния электрона (электронные подуровни, электронные подоболочки), движущегося по этой орбите; пространственную форму атомной орбитали; значения его момента импульса L_e и проекции момента импульса L_z на какое-либо заданное направление в пространстве Z (в единицах \hbar);

5). зная значение кинетической энергии E_k электрона в атоме, используя соотношение неопределённостей, оценить линейные размеры атома d , неопределённость энергии ΔE электрона (в электрон-вольтах); отношение естественной ширины n -ого энергетического уровня к энергии, излучённой атомом, если длина волны излучённого атомом фотона λ , а время жизни в возбуждённом состоянии атома составляет $\Delta t = 10$ нс.

Числовые значения параметров задачи

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Z	5	4	3	2	1	2	3	4	5	4	3	2	1
n	5	4	3	2	5	4	3	2	3	4	5	2	3
$\lambda, \text{нм}$	450	500	550	600	650	700	750	600	550	500	450	400	350
№ варианта	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Z	2	3	4	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
n	450	500	550	600	650	450	500	550	5	4	3	2	5
$\lambda, \text{нм}$	700	750	600	550	500	450	400	350	450	500	550	600	650

4. Микрочастица (электрон) находится в одномерной прямоугольной «потенциальной яме» шириной l с бесконечно высокими «стенками» в возбуждённом состоянии с главным квантовым числом n . Волновая функция, описывающая состояние микрочастицы, имеет вид $\psi(x) = A \sin kx$. Определить:

- 1). вид собственной волновой функции $\psi_n(x)$; коэффициент A , исходя из условия нормировки вероятностей;
- 2). среднее значение координаты $\langle x \rangle$, собственное значение энергии E_n и минимальную энергию E_{min} электрона (в электронвольтах);
- 3). энергию, излучаемую при переходе электрона с n -го на m -ый энергетический уровень;
- 4). наименьшую разность ΔE двух соседних энергетических уровней электрона (в электронвольтах);
- 5). в каких точках «ям» вероятность W (плотность вероятности) обнаружения электрона будет максимальной и минимальной; полученный результат пояснить графически.

Числовые значения параметров задачи

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$l, \text{нм}$	0,2	0,1	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
n	2	3	4	4	3	2	2	3	4	3	2	2	3

<i>m</i>	1	2	3	1	2	1	1	1	2	1	1	1	2
№ варианта	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
<i>l</i> , нм	0,6	0,7	0,8	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,2	0,1	0,3	0,4	0,5
<i>n</i>	2	2	3	4	3	2	2	3	2	3	4	4	3
<i>m</i>	1	1	2	2	1	1	1	2	1	2	3	2	1

5. Период полураспада радиоактивного нуклида A_ZX равен $T_{1/2}$. Определить:

- используя Периодическую систему химический элемент соответствующего нуклида; число протонов Z и нейтронов N в составе нуклида;
- дефект массы Δm , энергию связи $E_{св.}$ и удельную энергию связи $\epsilon_{св.}$ (в электронвольтах) этого нуклида;
- постоянную распада λ и среднюю продолжительность жизни τ нуклида; активность a этого изотопа по истечению промежутка времени, равного половине периода полураспада $t = \frac{T_{1/2}}{2}$, если его активность в начальный момент времени a_0 ; какая доля k первоначального количества ядер изотопа распадет за это время;
- конечный продукт деления после одного акта α - распада и одного акта β - распада; энергию β - распада ядра (в электронвольтах);
- энергию ядерной реакции ${}^A_ZX + {}^1_1H \rightarrow {}^{A_1}_{Z_1}Y + {}^1_0n$; является эта реакция экзотермической или эндотермической?

Числовые значения параметров задачи

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Z	89	53	77	27	12	88	86	38	15	11	20	84	88
A	225	131	192	60	27	219	222	90	32	22	45	210	226
$T_{1/2}$	10 сут.	8 сут.	75 сут.	5,3 года	10 мин.	10^{-3} с	3,8 сут.	28 лет	14 сут.	2,6 года	164 сут.	138 сут.	1590 лет
a_0 , Бк	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	450	400	100
№ варианта	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Z	89	53	77	27	12	88	86	38	15	11	20	84	88
A	225	131	192	60	27	219	222	90	32	22	45	210	226
$T_{1/2}$	10 сут.	8 сут.	75 сут.	5,3 года	10 мин.	10^{-3} с	3,8 сут.	28 лет	14 сут.	2,6 года	164 сут.	138 сут.	1590 лет

$a_0, \text{Бк}$	350	400	450	500	450	400	100	50	100	150	200	250	300
------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----	-----	-----	-----	-----	-----