

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра общей и прикладной физики

**Методические указания
к выполнению расчетно-графических работ**

По дисциплине: «Физика»

для направления подготовки (специальности): 08.03.01 Строительство

направленность (профиль): "Автомобильные дороги"

Форма обучения: очная, заочная

Мурманск
2021

1) Комплект заданий

Расчетно-графическая работа № 1

«Физические основы механики. Молекулярная физика и термодинамика.

Электростатика. Постоянный электрический ток»

Задание №1

Радиус-вектор материальной точки относительно начала координат изменяется со временем по закону $\vec{r} = bt\vec{i} + ct^2\vec{j}$.

1. найти уравнение траектории движения точки;
2. построить график траектории точки в промежуток времени от $t_1 = 0$ до $t_2 = 5, c$;
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 для решения задачи необходимо взять из таблицы 1.

Таблица 1

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$b, м/с$	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
$c, м/с^2$	2,0	0,1	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
$b, м/с$	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
$c, м/с^2$	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

Задание №2

Твёрдое тело вращается вокруг неподвижной оси Z по закону: $\varphi = a \cdot t - b \cdot t^2$.

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 $t_1 = 5, c$;
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 для решения задачи необходимо взять из таблицы 2.

Таблица 2

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$a, рад/с$	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
$b, рад/с^2$	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
$a, рад/с$	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
$b, рад/с^2$	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

Задание №3

На обод маховика в форме однородного сплошного диска массой m_1 и радиусом R намотана лёгкая нить, к концу которой прикреплен груз массой m_2 . Уравнение вращения

маховика: $\varphi = \frac{\varepsilon \cdot t^2}{2}$. До начала вращения маховика высота груза над полом составляла h .

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.

Числовые значения параметров для решения задачи необходимо взять из таблицы 3.

Таблица 3

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
m_1 , 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 , 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 , 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 , 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 , 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 , 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

Задание №4

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;

- наиболее вероятную v_B , среднюю $\langle v \rangle$, среднюю квадратичную $\langle v_{KB} \rangle$ скорости молекул газа в состояниях 1 и 2; среднюю кинетическую энергии поступательного $\langle \varepsilon_{II} \rangle$, вращательного $\langle \varepsilon_{BP} \rangle$ движения молекул газа и среднее значение их полной кинетической энергии $\langle \varepsilon \rangle$ в состояниях 1 и 2;
- 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;
- среднюю длину свободного пробега $\langle l \rangle$ молекул газа в состояниях 1 и 2, динамическую вязкость η и коэффициент теплопроводности λ газа;
- изобразить термодинамическую диаграмму рассматриваемого изохорного процесса в координатах (P, V) , (P, T) и (V, T) .

Числовые значения параметров для решения задачи необходимо взять из таблицы 4.

Таблица 4

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$V, \text{ м}^3$	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
$m_1, \text{ кг}$	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
$T_1, \text{ К}$	330	325	320	315	300	350	340	300	320	350	270	300	330
$m_2, \text{ кг}$	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
$T_2, \text{ К}$	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
$V, \text{ м}^3$	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
$m_1, \text{ кг}$	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
$T_1, \text{ К}$	300	330	250	350	360	300	320	330	340	250	300	330	350
$m_2, \text{ кг}$	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
$T_2, \text{ К}$	330	340	350	300	280	320	290	340	300	300	350	360	300

Задание №5

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

$$\text{имеет вид } f(v, T) = 4\pi \cdot \left(\frac{m_0}{2\pi kT} \right)^{3/2} \cdot v^2 \cdot e^{-\frac{m_0 v^2}{2kT}}.$$

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

- вывести формулы средней арифметической $\langle v \rangle$, средней квадратичной $\langle v_{KB} \rangle$ наиболее вероятной v_B скоростей и определить их числовые значения для температур T_1 и T_2 ;

2. рассчитать для каждой из указанных температур значения функции Максвелла при скоростях: $v = \frac{v_B}{2}$, $v = v_B$, $v = 2v_B$;

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

Используя закон, выражающий распределение молекул идеального газа по $f(v, T)$:

1. получить функцию распределения молекул газа по значениям кинетической энергии поступательного движения $f(\varepsilon)$;

2. используя функцию распределения молекул газа по энергиям $f(\varepsilon)$ вывести формулы средней кинетической энергии $\langle \varepsilon \rangle$ молекул и наиболее вероятное значение энергии ε_B 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 $u = \frac{v}{v_B}$;

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

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

Числовые значения параметров для решения задачи необходимо взять из таблицы 5.

Таблица 5

№ 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 , К	250	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380
T_2 , К	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 , К	380	370	360	350	340	330	320	310	300	290	280	270	260
T_2 , К	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

Задание №6

ν молей газа X , занимающего объём V_1 и находящегося под давлением p_1 , подвергается изохорному нагреванию до температуры $T_2 = 2 \cdot T_1$. После этого газ подвергли изотермическому расширению до начального давления, а затем он в результате изобарного сжатия возвращён в первоначальное состояние.

Построить график цикла и определить:

1. изменение внутренней энергии газа в каждом из рассматриваемых термодинамических процессов и в целом за цикл;
2. работу газа в рассматриваемых термодинамических процессах и в целом за цикл;
3. количество теплоты, сообщённое газу в каждом из рассматриваемых процессов и за цикл в целом;
4. термодинамический КПД цикла.

Числовые значения параметров для решения задачи необходимо взять из таблицы 6.

Таблица 6

№ 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
V , 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
V , 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

Задание №7

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, критическое давление, критический объём и критическую плотность газа X .

Числовые значения параметров для решения задачи необходимо взять из таблицы 7.

Таблица 7

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
X	N ₂	Ar	H ₂	возд ух	He	O ₂	CO ₂	Cl ₂	N ₂	Ar	H ₂	возд ух	He
$V \cdot 10^{-2}$, м ³	2	4	3	4	5	3	4	5	6	5	4	3	2
m , 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 , 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	возд	He	O ₂	CO ₂	Cl ₂	N ₂	Ar	H ₂	возд	He

				ух								ух	
$V \cdot 10^{-2},$ M^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 , 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 , К	350	340	330	320	310	300	290	280	290	300	310	320	330

Задание №8

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

$$\vec{E} = \frac{a}{x^2} \vec{i} + \frac{b}{y^2} \vec{j} + \frac{c}{z^2} \vec{k},$$

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 с координатами $A(x_1, y_1, z_1)$;
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 для решения задачи необходимо взять из таблицы 8.

Таблица 8

№ 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
c	4	3	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1
$q_0 \cdot 10^{-6},$	3	4	5	2	1	2	3	4	5	1	2	3	4

Кл													
$x_1, \text{ м}$	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
$y_1, \text{ м}$	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
$z_1, \text{ м}$	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

Задание №9

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:

- 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;
- диэлектрическую восприимчивость диэлектрика;
- поляризованность пластины диэлектрика;
- поверхностную плотность связанных зарядов на диэлектрике;
- электрическое смещение внутри пластины диэлектрика;
- давление, испытываемое пластиной диэлектрика со стороны обкладок конденсатора;
- работу, которую нужно совершить против сил электрического поля, чтобы вынуть диэлектрик;
- определить общую ёмкость батареи конденсаторов, если к конденсатору C_1 присоединить последовательно два таких же конденсатора, соединённых между собой параллельно.

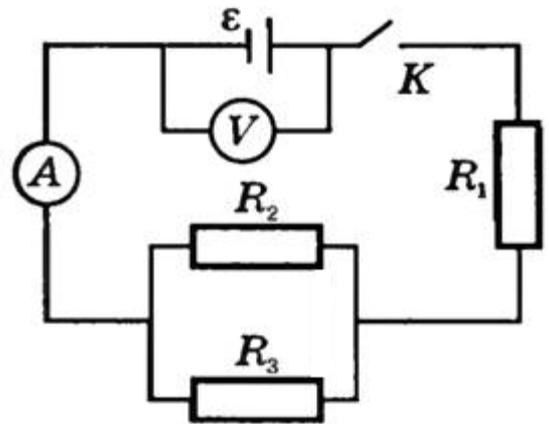
Числовые значения параметров для решения задачи необходимо взять из таблицы 9.

Таблица 9

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$S, \text{ м}^2$	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
$d \cdot 10^{-3}, \text{ м}$	5	6	5	4	5	6	7	5	3	2	3	5	2
$U_1, \text{ В}$	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
$S, \text{ м}^2$	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
$d \cdot 10^{-3}, \text{ м}$	5	6	5	4	5	6	7	5	3	2	3	5	2
$U_1, \text{ В}$	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

Задание №10

К источнику тока с ЭДС ε и внутренним сопротивлением r присоединены три сопротивления R_1 , R_2 и R_3 как показано на схеме. Определить:



1. силу тока короткого замыкания $I_{кз}$, общее сопротивление R внешней цепи;
2. силу тока I во внешней цепи, напряжение U_r во внутренней цепи, напряжение U во внешней цепи при замкнутом ключе, 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 ;
3. показания вольтметра сопротивлением R_V при разомкнутом ключе, относительную погрешность в показаниях вольтметра без учёта тока, идущего через вольтметр;
4. полную мощность P источника тока; полезную мощность $P_{П}$ во внешней цепи; максимальную полезную мощность P_{MAX} ;
5. КПД η источника тока; количество теплоты Q_1 , Q_2 и Q_3 , выделяемое в секунду при прохождении тока соответственно на сопротивлениях R_1 , R_2 и R_3 ;
6. построить график зависимости падения напряжения U во внешней цепи от внешнего сопротивления R , сопротивление R взять каждые 2 Ом.

Числовые значения параметров для решения задачи необходимо взять из таблицы 10.

Таблица 10

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ε , 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_V , 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
№ варианта	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
ε , 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_V , 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

Расчетно-графическая работа № 2
« Электромагнетизм. Квантовая и атомная физика.»

Задание №1

Электрон в водородоподобном ионе ${}^A_Z X$ движется по круговой орбите, радиус которой определяется соотношением $r_n = \frac{r_1 \cdot n^2}{Z}$, где $r = 53$ пм - 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, 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, гироманнитное 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, 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 $\Delta\vec{\omega}$, направление вектора $\Delta\vec{P}_m$ в обоих случаях.

Числовые значения параметров для решения задачи необходимо взять из таблицы 1.

Таблица 1

№ вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
${}^A_Z X$	${}^{20}_{10}Ne$	${}^{19}_9F$	${}^{16}_8O$	${}^{14}_7N$	${}^{12}_6C$	${}^{10}_5B$	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 , Тл	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
№ вар.	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
${}^A_Z X$	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 , Тл	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

Задание №2

По квадратной проволочной рамке со стороной a и сопротивлением R течёт электрический ток силой I . Нормаль к плоскости рамки составляет с направлением магнитного поля угол φ . Рассматриваемая рамка помещена в однородное магнитное поле с индукцией B_2 . Действием магнитного поля Земли пренебречь.

Определить:

1. напряжённость H_1 и индукцию B_1 магнитного поля в центре рамки;
2. магнитный момент P_m рамки с током;
3. магнитный поток Φ_m , пронизывающий рамку;
4. вращающий момент M , действующий на рамку, работу, 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 .

Числовые значения параметров для решения задачи необходимо взять из таблицы 2.

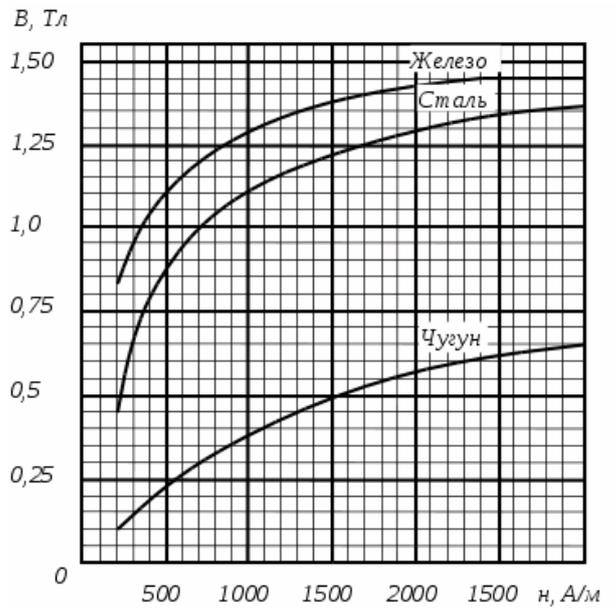
Таблица 2

№ 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 , А	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 , Ом	2	1	2	3	4	5	6	7	8	10	9	8	7
φ	30	45	60	90	0	30	45	60	90	0	30	45	60
B_2 , Тл	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 , А	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 , Ом	3	4	5	6	5	4	3	2	3	4	5	6	5
φ	90	60	45	30	0	30	45	60	90	0	30	45	60
B_2 , Тл	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

Задание №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 ω_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 ω_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 рисунке);
5. построить для соленоида с сердечником график зависимости потокосцепления ψ_2 от тока I через каждый 1 А.



Числовые значения параметров для решения задачи необходимо взять из таблицы 3.

Таблица 3

№ 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 , А	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 , А	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4

Задание №4

В магнитном поле находится квадратная проволочная рамка со стороной l и сопротивлением R . Определить в случае однородного магнитного поля индукцией B :

1. электрический заряд q , который пройдёт через рамку, при её повороте на угол α ;

2. ЭДС индукции ε_i , которая возникнет в рамке в случае, если одна её сторона подвижная и перемещается перпендикулярно линиям магнитной индукции со скоростью;
3. среднюю ЭДС индукции $\langle \varepsilon \rangle$, возникающую в рамке при включении магнитного поля в течение времени Δt , если её плоскость перпендикулярна к направлению магнитного поля;
4. максимальную ЭДС индукции ε_{MAX} , если рама равномерно вращается в магнитном поле с угловой скоростью ω , а ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям магнитной индукции.

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

1. магнитный поток F_m , пронизывающий рамку, ЭДС индукции ε_i , возникающую в рамке, силу тока I , текущего в рамке в момент времени t .

Числовые значения параметров для решения задачи необходимо взять из таблицы 4.

Таблица 4

№ 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	30	45	60	90	0	30	45	60	90	0	30	45	60
v , м/с	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4
Δt , мс	10	9	8	7	6	5	4	3	4	5	6	7	8
ω , рад.	314	628	942	157	314	628	942	1256	157	314	628	942	1256
B_0 , Тл	0,01	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	30	45	60	90	0	30	45	60	90	0	30	45
v , м/с	10	9	8	7	6	5	3	2	1	2	3	4	5
Δt , мс	10	9	8	7	6	5	3	2	1	2	3	4	5
ω , 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

Задание №5

Пучок параллельных монохроматических лучей с длиной волны λ падает на находящуюся в воздухе тонкую пленку с показателем преломления n . α - угол падения лучей, d - наименьшая толщина пленки, при которой отраженные лучи максимально усилены (ослаблены) интерференцией. Используя данные таблицы 5, выполните следующее:

1. найдите недостающие в таблице величины;
2. начертите ход лучей в тонкой пленке;
3. укажите лучи, которые интерферируют.

Таблица 5

№ вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
λ , нм	550	–	550	450	700	–	500	–	650	680	720	740	–
d , нм	217	125	104	94	–	152	104	104	–	129	272	–	255
α	20	30	30	–	30	30	30	45	45	–	45	60	60
n	–	1,3	–	1,3	1,3	1,3	–	1,5	1,5	1,5	–	1,28	1,28
усиление (ослабление)	ослабление	усиление	усиление	усиление	усиление	усиление	усиление	усиление	усиление	усиление	ослабление	ослабление	ослабление
№ вар.	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
λ , нм	500	400	580	650	700	–	470	500	485	–	450	500	–
d , нм	248	74	287	253	–	163	–	204	92	88	100	104	104
α	–	–	60	–	0	30	45	60	–	0	–	30	45
n	1,33	1,47	–	1,33	1,33	1,38	1,38	–	1,33	1,33	1,33	–	1,5
усиление (ослабление)	ослабление	усиление	ослабление	ослабление	ослабление	ослабление	ослабление	ослабление	усиление	усиление	усиление	усиление	усиление

Задание №6

На дифракционную решетку нормально к ее поверхности падает параллельный пучок света длиной волны λ . Помещенная вблизи решетки линза проецирует дифракционную картину на экран, удаленный от линзы на расстояние L . Расстояние между двумя максимумами интенсивности первого порядка на экране равно l . Постоянная дифракционной решетки - d . Число штрихов решетки на единицу длины - n . Максимальный порядок спектра - m_{MAX} . Число максимумов, которое при этом дает решетка - N . Угол дифракции первого порядка - φ_1 . Используя данные таблицы 6, найти недостающие величины.

Таблица 6

№ вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
λ , нм	434,1	500	449,4	598,9	–	–	700,2	697,6	–	–	–	449,2	649,7
L , м	–	1	2	–	1	1,5	1	1,5	2	1	1	–	1
l , см	16	20,1	–	15	20	28	30	25	25	30	25	40	30
d , мкм	–	–	5	–	5	–	–	–	10	–	–	4	–
n , 10^3 , M^{-1}	1	–	–	1	–	2	–	–	–	2	2,5	–	–
m_{MAX}	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
N	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
φ_1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
№ вар.	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
λ , нм	500	602,4	–	581	656,3	648,4	700,6	577,1	598,8	677,8	–	697,6	–
L , м	2	–	0,8	1	–	1,38	–	1	1,6	2,5	2,5	1,5	2
l , см	–	25	20	–	20	30	30	20	20	40	35	25	25
d , мкм	5	–	5	–	–	–	5	–	–	–	–	–	10
n , 10^3 , M^{-1}	–	2	–	2	2,5	–	–	–	–	–	–	–	–
m_{MAX}	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
N	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
φ_1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Задание №7

Два николя N_1 и N_2 расположены так, что угол между их плоскостями пропускания равен φ . I_0 - интенсивность естественного света, падающего на поляризатор, I_1 - интенсивность поляризованного света, падающего на анализатор, I_2 - интенсивность света, вышедшего из анализатора. Коэффициент поглощения света в каждом никеле k . Степень поляризации - P . Используя данные таблицы 7, найти недостающие величины.

Таблица 7

№ вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
φ	75	60	–	40	–	45	30	–	25	20	55	20	–
k	0,09	0,05	0,07	0,15	0,08	0,09	0,1	0,11	0,06	0,07	0,12	0,14	0,22
I_0 , Вт/см ²	–	15	12	–	28	16	–	20	–	–	11	–	34
I_1 , Вт/см ²	22,75	–	–	–	–	–	8,1	–	11,3	–	–	9	–
I_2 , Вт/см ²	–	–	3,5	8,3	4,9	–	–	1,4	–	3,8	–	–	8,5
P	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
№ вар.	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
φ	30	–	35	40	45	–	55	60	36	48	–	40	–
k	0,21	0,22	0,17	0,19	0,18	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1	0,15	0,08
I_0 , Вт/см ²	–	25	–	–	39	18	–	–	24	–	26	–	28
I_1 , Вт/см ²	13,8	–	–	11,3	–	–	–	16,3	–	11,4	–	–	–
I_2 , Вт/см ²	–	7,1	8,3	–	–	3,4	2,9	–	–	–	4	8,3	4,9
P	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Задание №8

На поверхность некоторого материала падает свет частотой ν . \mathcal{E} - энергия фотона, падающего на поверхность, λ_0 - красная граница фотоэффекта, $A_{\text{ВЫХ}}$ - работа выхода электрона, ν_{MAX} - максимальная скорость фотоэлектронов, U_3 - задерживающее напряжение. Используя данные таблицы 8, найдите недостающие величины. Используя справочные таблицы, определите название материала.

Таблица 8

№ вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
λ_0 , нм	–	641,1	–	942	–	460,1	–	560,1	–	792	–	807,2	
$A_{\text{ВЫХ}}$, эВ	1,56	–	1,37	–	3,3	–	2,35	–	1,81	–	1,9	–	2,1
ν , 10^{15} Гц	–	–	0,8	–	–	–	–	–	–	1	–	–	–

ε , эВ	3,03	–	–	–	4	–	5	–	–	–	4,2	–	–
v_{MAX} , км/с	–	826	–	–	–	699	–	–	704	–	–	870	–
U_3 , В	–	–	–	2,45	–	–	–	1,34	–	–	–	–	3,8
№ вар.	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
λ_0 , нм	758	710,1	–	1130,2	–	570,2	–	–	540,1	–	–	–	560,1
$A_{ВЫХ}$, эВ	–	–	4,8	–	1,71	–	1,82	2,2	–	1,45	2,58	2,35	–
ν , 10^{15} Гц	0,69	–	1,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
ε , эВ	–	–	–	–	–	4	–	–	–	–	–	5	–
v_{MAX} , км/с	–	949	–	998	–	–	757	775	–	899	731	–	–
U_3 , В	–	–	–	–	1,59	–	–	–	1,86	–	–	–	1,34

Задание №9

В таблице 9 приведена сокращенная форма записи ядерной реакции. Дайте полную запись реакции и найдите энергетический выход в МэВ. Укажите характер реакции – экзотермическая или эндотермическая.

Принятые обозначения: $\alpha = {}^4_2\text{He}$ - альфа-частица, $p = {}^1_1\text{H}$ - протон, $n = {}^1_0n$ - нейтрон, $n = {}^2_1\text{H}$ - дейтон, γ - гамма-квант, X - искомый элемент.

Таблица 9

№ вар.	1	2	3	4	5
Реакция	${}^2\text{H}(d, p)X$	${}^3\text{H}(x, 2p)\alpha$	${}^6\text{Li}(d, p)X$	${}^6\text{Li}(d, 2\alpha)X$	${}^6\text{Li}(d, \alpha)X$
№ вар.	6	7	8	9	10
Реакция	${}^9\text{Be}(p, \alpha)X$	${}^9\text{Be}(x, 2\alpha)d$	${}^7\text{Li}(\alpha, n)X$	${}^7\text{Li}(\alpha, n)X$	${}^{11}\text{B}(p, 2\alpha)X$
№ вар.	11	12	13	14	15
Реакция	${}^6\text{Li}(n, x){}^6\text{He}$	${}^{14}\text{N}(\alpha, p)X$	${}^9\text{Be}(\alpha, n)X$	${}^7\text{Li}(p, \alpha)X$	${}^6\text{Li}(p, \alpha)X$
№ вар.	16	17	18	19	20
Реакция	${}^{10}\text{B}(n, \alpha)X$	${}^6\text{Li}(n, \alpha)X$	${}^2\text{H}(p, \gamma)X$	${}^3\text{H}(p, \gamma)X$	${}^2\text{H}(d, n)X$
№ вар.	21	22	23	24	25

Реакция	${}^2\text{H}(d, \gamma)\text{X}$	${}^2\text{H}(x, p)\alpha$	${}^3\text{H}(d, n)\text{X}$	${}^{16}\text{O}(n, x){}^{16}\text{N}$	${}^3\text{H}(x, 2n)\alpha$
№ вар.	26				
Реакция	${}^3\text{He}(x, 2p)\alpha$				

2) Методические указания по выполнению расчетно-графической работы

Выполнение студентом расчетно-графической работы по дисциплине «Физика» проводится с целью систематизировать полученные знания и практические умения по дисциплине «Физика». Номер варианта расчетно-графической работы выдается преподавателем. Обучающиеся в очной форме выполняют РГР № 1, 2.

Правила оформления расчетно-графической работы:

1. электронный вариант расчетно-графической работы выполняется в любом текстовом редакторе любом текстовом редакторе (MS Word, Open Office и др.) и сохраняется с расширением *.doc, *.docx, в имени файла указывается фамилия и инициалы автора;
2. первым листом расчетно-графической работы является титульный лист, который оформляется в соответствии с образцом;
3. расчетно-графическая работа оформляется на стандартных листах формата А4; поля: левое – 2,5 см, правое – 2,5 см, верхнее – 2,5 см, нижнее – 2,5 см;
4. шрифт: Times New Roman, межстрочный интервал – одинарный, переносы слов не допускаются;
5. графики, приведенные в расчетно-графической работе, должны быть выполнены либо на миллиметровой бумаге, либо с помощью MS Word, Open Office, Excel и др.;
6. формулы, приводимые в РГР, должны быть, как правило, записаны сначала в общем виде, а затем уже должна быть произведена подстановка исходных данных и выполнены необходимые вычисления; при подстановке исходных данных нужно внимательно следить за соблюдением одинаковой размерности;
7. решение задач должно сопровождаться краткими пояснениями;
8. все задачи расчетно-графической работы должны выполняться и отдаваться преподавателю на проверку в сроки, предусмотренные графиком работы студентов в текущем семестре;
9. после исправления всех ошибок, отмеченных преподавателем при проверке, каждая задача расчетно-графической работы должна быть защищена.

3) Критерии и шкала оценивания защиты расчетно-графической работы

Оценка	Критерии оценки
Отлично	Обучающийся полно раскрыл содержание материала в объеме, предусмотренном программой. Изложил материал грамотным языком в определенной логической последовательности, точно используя математическую терминологию и символику; продемонстрировал сформированность и устойчивость полученных знаний. Возможны одна-две неточности при ответе на дополнительные вопросы, которые обучающийся легко исправил по замечанию преподавателя.
Хорошо	Ответ обучающегося имеет один из недостатков в изложении вопроса допущены небольшие пробелы, не искажившие математическое содержание ответа; допущены один-два недочета при освещении основного содержания

	ответа, не исправленные по замечанию преподавателя; допущены ошибки или более двух недочетов при освещении дополнительных вопросов, легко исправленные по замечанию преподавателя.
Удовлетворительно	Обучающийся неполно раскрыл содержание вопроса, но показал общее понимание материала и продемонстрировал умения, достаточные для дальнейшего усвоения программного материала; имеет затруднения или допустил ошибки в определении понятий использовании математической терминологии и исправил их после нескольких наводящих вопросов преподавателя.
Неудовлетворительно	Обучающийся обнаружил полное незнание и непонимание изучаемого учебного материала по дисциплине или не смог ответить ни на один из дополнительных вопросов по изучаемому материалу.