

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 практическим занятиям студентов**

По дисциплине: «Физика»

для направления подготовки (специальности): 08.03.01 Строительство

направленность (профиль): "Промышленное и гражданское строительство"

Форма обучения: очная, заочная

Мурманск  
2020

### Перечень практических работ

№ п\п	Темы практических работ	Количество часов
		Очная
1	2	3
<b>Очная форма</b>		
<b>1 курс, 2 семестр</b>		
1.	Кинематика поступательного и вращательного движения.	2
2.	Динамика вращательного движения твердого тела.	2
3.	Законы сохранения.	2
4.	Основы молекулярно-кинетической теории.	2
5.	Основы термодинамики.	2
6.	Силовые и энергетические характеристики электрического поля.	2
7.	Теорема Гаусса.	2
8.	Проводники и диэлектрики в электрическом поле.	2
9.	Постоянный электрический ток.	2
<b>Итого за 1 курс, 2 семестр:</b>		<b>18</b>
<b>2 курс, 3 семестр</b>		
1.	Закон Био-Савара-Лапласа.	2
2.	Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях.	2
3.	Электромагнитная индукция.	2
4.	Магнитное поле в веществе.	2
5.	Уравнения Максвелла.	2
6.	Интерференция света.	2
7.	Дифракция света. Поляризация света.	2
8.	Законы теплового излучения. Фотоэффект. Эффект Комптона. Давление света.	2
9.	Волновые свойства частиц. Принцип неопределенности.	2
<b>Итого за 2 курс, 3 семестр</b>		<b>18</b>
<b>Итого за курс:</b>		<b>36</b>

№ п\п	Темы практических работ	Количество часов
		Очная
1	2	3
<b>Заочная форма</b>		
<b>1 курс</b>		
1.	Кинематика поступательного и вращательного движения.	1
2.	Динамика вращательного движения твердого тела.	1
3.	Законы сохранения.	0,5
4.	Основы молекулярно-кинетической теории.	0,5
5.	Основы термодинамики.	0,5
6.	Силовые и энергетические характеристики электрического поля.	0,5
7.	Теорема Гаусса.	1
8.	Проводники и диэлектрики в электрическом поле.	0,5
9.	Постоянный электрический ток.	0,5
<b>Итого за 1 курс:</b>		<b>6</b>
<b>2 курс</b>		
1.	Закон Био-Савара-Лапласа.	0,5
2.	Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном	0,5

	полях.	
3.	Электромагнитная индукция.	0,5
4.	Магнитное поле в веществе.	1
5.	Уравнения Максвелла.	0,5
6.	Интерференция света.	0,5
7.	Дифракция света. Поляризация света.	0,5
8.	Законы теплового излучения. Фотоэффект. Эффект Комптона. Давление света.	1
9.	Волновые свойства частиц. Принцип неопределенности.	1
<b>Итого за 2 курс</b>		<b>6</b>
<b>Итого за курс:</b>		<b>12</b>

### Методические указания по выполнению задач

#### Решение любой задачи складывается из четырех этапов:

1. Анализ содержания задачи, краткая запись условий и требований;
2. Поиск способа решения и составление его плана;
3. Решение задачи, проверка правильности и оформление решения;
4. Обсуждение решения задачи.

#### Перечень контрольных вопросов, которые могут быть рекомендованы для проведения анализа условия задачи:

1. О каком объекте (материальная точка, твердое тело, идеальный газ, реальный газ, точечный заряд, заряженное тело, электрическое поле, магнитное поле и т.п.) идет речь в задаче?
2. О каком явлении (движение, нагревание, охлаждение, расширение, сжатие и т.д.) идет речь в задаче?
3. В каких условиях находится объект?
4. В каких условиях протекает явление (процесс)?
5. Какую величину (характеристику объекта или явления) нужно найти?
6. Знаете ли вы определение искомой величины?
7. Размерной или безразмерной является искомая величина?
8. Скалярной или векторной является искомая величина?
9. Известна ли вам единица измерения искомой величины?
10. В единицах какой системы нужно считать искомую величину?
11. Постоянна или переменна искомая величина в процессе, описанном в задаче?
12. Какие величины даны в условии задачи?
13. Знаете ли вы определения заданных величин?
14. Содержит ли условие задачи величины, заданные в неявном виде?
15. Значения каких величин нужно взять из справочных таблиц?
16. Можно ли явление (процесс), описанное в задаче, изобразить схематично?
17. Примерный план решения нестандартных задач:
18. Имеется ли между искомой и заданными величинами косвенная функциональная связь?
19. Вспомните, решалась ли вами ранее аналогичная задача?
20. Можно ли в данной задаче применить этот же метод решения?
21. Можно ли разбить задачу на несколько более простых?
22. Можно ли решить задачу в предельных случаях?
23. Нельзя ли задачу сформулировать иначе?
24. Можно ли придумать более доступную задачу? Более общую? Более частную?

### **Последовательность операций при решении задач:**

1. Какая величина определяется в задаче;
2. Объект или явление, о котором идет речь в задаче;
3. Значения величин, указанных в тексте задачи;
4. Значения величин, взятых из таблиц и справочников.
5. Числовые значения всех величин рекомендуется брать в СИ, если это специально не оговорено в условии задачи.
6. Выбор математической модели для описания физического процесса, приведенного в задаче. Обоснование такого выбора. Необходимо учитывать, что математическая модель - это только приближение к действительности, но всегда имеется отличие от нее.
7. Составление системы уравнений (запись формул), связывающей искомую величину с величинами, заданными в условии задачи.
8. Проведение необходимых математических преобразований и вывод окончательного уравнения задачи (решение задачи в общем виде).
9. Проверка размерностей: если они совпадают в обеих частях равенства, то это первый признак правильности полученной вами формулы.
10. Подстановка в конечную формулу числовых значений величин и вычисление результата. Помните, что число значащих цифр в конечном результате определяется не возможностями микрокалькулятора, а правилами приближенных вычислений.
11. Оценка полученного результата с точки зрения здравого смысла (результат должен соответствовать реальности и быть разумным)

**Оформляйте решение задачи аккуратно: оно должно быть понятно не только вам, но и другим.**

### **Анализ решения задачи:**

1. Ещё раз внимательно просмотрите условие задачи и ход ее решения.
2. Выделите теоретические положения, исходя из которых вы решили задачу.
3. Вспомните, встречались ли вам ранее задачи такого типа.
4. Попробуйте отыскать новый, более рациональный или более общий способ решения задачи.
5. Выявите то полезное, что дало вам решение данной задачи.
6. Обобщите результат решения этой задачи и подумайте, при решении каких задач вы могли бы использовать его в дальнейшем.

### **Критерии и шкала оценивания решения задач**

<b>Оценка</b>	<b>Критерии оценки</b>
Отлично	Обучающийся демонстрирует полное понимание проблемы. Все требования, предъявляемые к заданию выполнены.
Хорошо	Обучающийся демонстрирует значительное понимание проблемы. Все требования, предъявляемые к заданию выполнены.
Удовлетворительно	Обучающийся демонстрирует частичное понимание проблемы. Большинство требований, предъявляемых к заданию выполнены.
Неудовлетворительно	Обучающийся демонстрирует небольшое понимание проблемы. Многие требования, предъявляемые к заданию не выполнены.

## 1) Примерное содержание заданий

### 1 курс, 2 семестр.

#### Кинематика поступательного и вращательного движения.

- 1) Движение материальной точки задано уравнением  $\vec{r}(t) = A(\vec{i} \cos \omega t + \vec{j} \sin \omega t)$ , где  $A = 0,5$  м,  $\omega = 5$  рад/с. Начертить траекторию точки. Определить модуль скорости и модуль нормального ускорения.
- 2) Движение материальной точки задано уравнением  $x = At + Bt^2$ , где  $A = 4$  м/с,  $B = -0,05$  м/с<sup>2</sup>. Определить момент времени, в который скорость точки равна нулю. Найти координату и ускорение в этот момент. Построить графики зависимости координаты, пути, скорости и ускорения этого движения от времени.
- 3) Точка движется в плоскости  $xu$  по закону:  $x=At$ ,  $y=At(1-at)$ , где  $A$  и  $a$  — положительные постоянные,  $t$  - время.  
Найти: а) уравнение траектории точки  $y(x)$ ; изобразить ее график; б) скорость и ускорение точки в зависимости от времени; в) момент времени, в который вектор скорости составляет угол  $\pi/4$  с вектором ускорения.
- 4) Движение точки по окружности радиусом  $R = 4$  м задано уравнением  $\xi = A + Bt + Ct^2$ , где  $A = 10$  м,  $B = -2$  м/с,  $C = 1$  м/с<sup>2</sup>. Найти тангенциальное нормальное и полное ускорения точки в момент времени  $t = 2$  с.
- 5) Колесо вращается вокруг неподвижной оси так, что угол его поворота зависит от времени как  $\varphi = At^2$ , где  $A = 0,2$  рад/с<sup>2</sup>. Найти полное ускорение точки на ободу колеса в момент времени 2,5 с, если линейная скорость точки в этот момент 0,65 м/с.

#### Динамика вращательного движения точки.

- 1) Шар массой 10 кг и радиусом 20 см вращается вокруг оси, проходящей через его центр. Уравнение вращения шара имеет вид  $\varphi = A + Bt^2 + Ct^3$ , где  $B=4$  рад/с<sup>2</sup>,  $C=-1$  рад/с<sup>3</sup>. Найти закон изменения момента сил, действующих на шар. Определить момент сил  $M$  в момент времени 2 с.
- 2) На однородный сплошной цилиндр массы  $M$  и радиуса  $R$  намотана легкая нить, к концу которой прикреплено тело массы  $m$ . В момент  $t = 0$  система пришла в движение. Пренебрегая трением в оси цилиндра, найти зависимость от времени: а) угловой скорости цилиндра; б) кинетической энергии всей системы.
- 3) Горизонтальный тонкий однородный стержень  $AB$  массы  $m$  и длины  $l$  может свободно вращаться вокруг вертикальной оси, проходящей через его конец  $A$ . В некоторый момент на конец  $B$  начала действовать постоянная сила  $F$ , которая все время перпендикулярна к первоначальному положению покоившегося стержня и направлена в горизонтальной плоскости. Найти угловую скорость стержня как функцию его угла поворота  $\varphi$  из начального положения.
- 4) Найти момент инерции: а) тонкого однородного стержня относительно оси, перпендикулярной к стержню и проходящей через его конец, если масса стержня  $m$  и его длина  $l$ ; б) тонкой однородной прямоугольной пластинки относительно оси, проходящей перпендикулярно к плоскости пластинки через одну из ее вершин, если стороны пластинки  $a$  и  $b$ , а ее масса  $m$ .
- 5) На краю горизонтальной платформы, имеющей форму диска радиусом  $R = 2$  м, стоит человек массой  $m_1 = 80$  кг. Масса  $m_2$  платформы равна 240 кг. Платформа может вращаться вокруг вертикальной оси, проходящей через ее центр. Пренебрегая трением, найти, с какой угловой скоростью  $\omega$  будет вращаться платформа, если человек будет идти вдоль ее края со скоростью  $v = 2$  м/с относительно платформы.
- 6) Человек стоит в центре скамьи Жуковского и вместе с ней вращается по инерции. Частота вращения  $n_1 = 0,5$  с<sup>-1</sup>. Момент инерции  $J_0$  тела человека относительно оси вращения равен  $1,6$  кг·м<sup>2</sup>. В вытянутых в стороны руках человек держит по гире массой  $m = 2$  кг каждая. Расстояние между гириями  $\ell_1 = 1,6$  м. Определить частоту

вращения  $I_2$  скамьи с человеком, когда он опустит руки и расстояние  $l_2$  между гирями станет равным 0,4 м. Моментом инерции скамьи пренебречь.

#### Законы сохранения.

- 1) К пружинным весам подвешен блок. Через блок перекинут шнур, к концам которого привязали грузы массами 1,5 кг и 3 кг. Каково будет показание весов во время движения грузов? Массой блока и шнура пренебречь.
- 2) Небольшое тело пустили снизу-вверх по наклонной плоскости, составляющей угол  $15^\circ$  с горизонтом. Найти коэффициент трения, если время подъема тела оказалось в 2 раза меньше времени спуска.
- 3) На экваторе с высоты 500 м на поверхность Земли падает тело (без начальной скорости относительно Земли). Пренебрегая сопротивлением воздуха, найти, на какое расстояние и в какую сторону отклонится от вертикали тело при падении.
- 4) Ядро атома распадается на два осколка массами  $1,6 \cdot 10^{-25}$  кг и  $2,4 \cdot 10^{-25}$  кг. Определить кинетическую энергию второго осколка, если энергия первого осколка равна 18 нДж.
- 5) Небольшое тело начинает скользить с высоты  $h$  по наклонному желобу, переходящему в полуокружность радиуса  $h/2$ . Пренебрегая трением, найти скорость тела в наивысшей точке его траектории (после отрыва от желоба).
- 6) Частица массы  $m$  испытала столкновение с покоившейся частицей массы  $M$ , в результате которого частица  $m$  отклонилась на угол  $\pi/2$ , а частица  $M$  отскочила под углом  $30^\circ$  к первоначальному направлению движения частицы  $m$ . На сколько процентов и как изменилась кинетическая энергия этой системы после столкновения, если  $M/m = 5$ ?

#### Основы молекулярно-кинетической теории.

- 1) Одна треть молекул азота массой 10 г распалась на атомы. Определить полное число частиц, находящихся в газе.
- 2) В баллонах вместимостью 20 л и 44 л содержится газ. Давление в первом баллоне 2,4 МПа, во втором - 1,6 МПа. Определить общее давление и парциальные после соединения баллонов, если температура газа осталась прежней.
- 3) В U-образный манометр налита ртуть. Открытое колено манометра соединено с окружающим пространством при нормальном атмосферном давлении, и ртуть в открытом колене стоит выше, чем в закрытом, на 10 см. При этом свободная от ртути часть трубки закрытого колена имеет длину 20 см. Когда открытое колено присоединили к баллону с воздухом, разность уровней ртути увеличилась и достигла значения 26 см. Найти давление воздуха в баллоне.
- 4) Найти среднюю кинетическую энергию одной молекулы аммиака  $\text{NH}_3$  при температуре  $27^\circ\text{C}$  и среднюю энергию вращательного движения этой молекулы при той же температуре.
- 5) В баллоне находится кислород при нормальных условиях. При нагревании до некоторой температуры часть молекул оказалась диссоциированной на атомы. Степень диссоциации 0,4. Определить концентрации частиц: 1) до нагревания газа; 2) молекулярного кислорода после нагревания; 3) атомарного кислорода после нагревания.
- 6) Найти молярную массу смеси кислорода массой 25 г и азота массой 75 г.

#### Основы термодинамики.

- 1) Кислород при неизменном давлении 80 кПа нагревается. Его объем увеличивается от  $1 \text{ м}^3$  до  $3 \text{ м}^3$ . Определить: 1) изменение внутренней энергии кислорода; 2) работу, совершенную им при расширении; 3) количество теплоты, сообщенное газу.
- 2) Вычислить удельные теплоемкости неона и водорода при постоянных объеме и давлении, принимая эти газы за идеальные.
- 3) Определить показатель адиабаты частично диссоциировавшего газообразного азота, степень диссоциации которого равна 0,4.
- 4) При адиабатном сжатии кислорода массой 1 кг совершена работа 100 кДж.

Определить конечную температуру газа, если до сжатия кислород находился при температуре 300 К.

- Идеальный газ совершает цикл Карно. Температура охладителя равна 290 К. Во сколько раз увеличится КПД цикла, если температура нагревателя повысится от 400 К до 600 К?
- Вычислить КПД цикла, состоящего из изотермы, изобары и изохоры, если при изотермическом процессе объем идеального газа с показателем адиабаты  $\gamma$ : а) увеличивается в  $n$  раз; б) уменьшается в  $n$  раз.

#### **Силовые и энергетические характеристики электрического поля.**

- Тонкая бесконечная нить согнута под углом  $90^\circ$ . Нить несет заряд, равномерно распределенный с линейной плотностью  $1 \text{ мкКл/м}$ . Определить силу, действующую на точечный заряд  $0,1 \text{ мкКл}$ , расположенный на продолжении одной из сторон и удаленный от вершины угла на  $50 \text{ см}$ .
- На отрезке тонкого прямого проводника длиной  $10 \text{ см}$  равномерно распределен заряд с линейной плотностью  $3 \text{ мкКл/м}$ . Вычислить напряженность, создаваемую этим зарядом в точке, расположенной на оси проводника и удаленной от ближайшего конца отрезка на расстояние, равное длине этого отрезка.
- Полусфера несет заряд, равномерно распределенный с поверхностной плотностью  $1 \text{ нКл/м}^2$ . Найти напряженность электрического поля в геометрическом центре полусферы.
- По тонкому кольцу радиусом  $10 \text{ см}$  равномерно распределен заряд с линейной плотностью  $10 \text{ нКл/м}$ . Определить потенциал в точке, лежащей на оси кольца, на расстоянии  $5 \text{ см}$  от центра.
- Бесконечно длинная тонкая прямая нить несет равномерно распределенный по длине нити заряд с линейной плотностью  $0,01 \text{ мкКл/м}$ . Определить разность потенциалов двух точек поля, удаленных от нити на  $2 \text{ см}$  и  $4 \text{ см}$ .

#### **Теорема Гаусса.**

- Две концентрические металлические заряженные сферы радиусами  $6 \text{ см}$  и  $10 \text{ см}$  несут соответственно заряды  $1 \text{ нКл}$  и  $-0,5 \text{ нКл}$ . Найти напряженности поля в точках, отстоящих от центра сфер на расстояниях  $5 \text{ см}$ ,  $9 \text{ см}$ ,  $15 \text{ см}$ . Построить график зависимости  $E(r)$ .
- Две длинные тонкостенные коаксиальные трубки радиусами  $2 \text{ см}$  и  $4 \text{ см}$  несут заряды, равномерно распределенные по длине с линейными плотностями  $1 \text{ нКл/м}$  и  $-0,5 \text{ нКл/м}$ . Пространство между трубками заполнено эбонитом. Определить напряженность поля в точках, находящихся на расстояниях  $1 \text{ см}$ ,  $3 \text{ см}$ ,  $5 \text{ см}$  от оси трубок. Построить график зависимости  $E$  от  $r$ .
- Эбонитовый сплошной шар радиусом  $5 \text{ см}$  несет заряд, равномерно распределенный с объемной плотностью  $10 \text{ нКл/м}^3$ . Определить напряженность и смещение электрического поля в точках: 1) на расстоянии  $3 \text{ см}$  от центра сферы; 2) на поверхности сферы; 3) на расстоянии  $10 \text{ см}$  от центра сферы. Построить графики зависимостей  $E(r)$  и  $D(r)$ .
- Электрическое поле создано двумя бесконечными параллельными пластинами, несущими равномерно распределенный по площади заряд с поверхностными плотностями  $1 \text{ нКл/м}^2$  и  $3 \text{ нКл/м}^2$ . Определить напряженность  $E$  поля: 1) между пластинами; 2) вне пластин. Построить график изменения напряженности вдоль линии, перпендикулярной пластинам.
- Длинный парафиновый цилиндр радиусом  $2 \text{ см}$  несет заряд, равномерно распределенный по объему с объемной плотностью  $10 \text{ нКл/м}^3$ . Определить напряженность и смещение электрического поля в точках, находящихся от оси цилиндра на расстоянии: 1)  $1 \text{ см}$ ; 2)  $3 \text{ см}$ . Обе точки равноудалены от концов цилиндра. Построить графики зависимостей  $E(r)$  и  $D(r)$ .

### Проводники и диэлектрики в электрическом поле.

- 1) Сплошной парафиновый шар радиусом 10 см равномерно заряжен с объемной плотностью  $1 \text{ мкКл/м}^3$ . Определить потенциал электрического поля в центре шара и на его поверхности. Построить график зависимости потенциала.
- 2) Металлический шар радиусом 5 см окружен равномерно слоем фарфора толщиной 2 см. Определить поверхностные плотности связанных зарядов соответственно на внутренней и внешней поверхностях диэлектрика. Заряд шара равен 10 нКл.
- 3) Определить поляризованность стекла, помещенного во внешнее электрическое поле напряженностью 5 МВ/м.
- 4) Показать, что на границе диэлектрика с проводником поверхностная плотность связанного заряда диэлектрика  $\sigma' = -\sigma(\epsilon - 1)/\epsilon$ , где  $\epsilon$  - диэлектрическая проницаемость,  $\sigma$  - поверхностная плотность заряда на проводнике.
- 5) При некоторых условиях поляризованность безграничной незаряженной пластины из диэлектрика имеет вид  $P = P_0(1 - x^2/d^2)$ , где  $P_0$  - вектор, перпендикулярный к пластине,  $x$  - расстояние от середины пластины,  $d$  - ее полутолщина. Найти напряженность электрического поля внутри пластины и разность потенциалов между ее поверхностями.

### Постоянный электрический ток.

- 1) Определить заряд, прошедший по проводу с сопротивлением 3 Ом при равномерном нарастании напряжения на концах провода от 2 В до 4 В в течение 20 с.
- 2) ЭДС батареи аккумуляторов 12 В, сила тока короткого замыкания равна 5 А. Какую наибольшую мощность можно получить во внешней цепи, соединенной с такой батареей?
- 3) Определить плотность тока в железном проводнике длиной 10 м, если провод находится под напряжением 6 В.
- 4) Даны 12 элементов с ЭДС 1,5 В и внутренним сопротивлением 0,4 Ом. Как нужно соединить эти элементы, чтобы получить от собранной из них батареи наибольшую силу тока во внешней цепи, имеющей сопротивление 0,3 Ом? Определить максимальную силу тока.
- 5) Сила тока в проводнике сопротивлением 100 Ом равномерно нарастает от 0 до 10 А в течение времени 30 с. Определить количество теплоты, выделившееся за это время в проводнике.
- 6) Внутреннее сопротивление батареи аккумуляторов равно 3 Ом. Сколько процентов от точного значения ЭДС составляет погрешность, если, измеряя разность потенциалов на зажимах батареи вольтметром с сопротивлением 200 Ом, принять ее равной ЭДС?

### 2 курс. 3 семестр.

#### Закон Био-Савара-Лапласа.

- 1) По тонкому проволочному кольцу течет ток. Не изменяя силы тока в проводнике, ему придали форму квадрата. Во сколько раз изменилась магнитная индукция в центре контура?
- 2) По круговому витку радиуса 100 мм из тонкого провода циркулирует ток 1 А. Найти магнитную индукцию: а) в центре витка; б) на оси витка в точке, отстоящей от его центра на 100 мм.
- 3) Ток  $I$  течет по длинному прямому проводнику, сечение которого имеет форму тонкого полукольца радиуса  $R$ . Найти индукцию магнитного поля в центре кривизны полукольца.
- 4) По сечению проводника равномерно распределен ток плотностью  $2 \text{ МА/м}^2$ . Найти циркуляцию вектора напряженности вдоль окружности радиусом 5 мм, проходящей внутри проводника и ориентированной так, что ее плоскость составляет угол  $30^\circ$  с вектором плотности тока.
- 5) По тонкому стержню длиной 20 см равномерно распределен заряд 240 нКл.



Стержень приведен во вращение с постоянной угловой скоростью  $10 \text{ рад/с}$  относительно оси, перпендикулярной стержню и проходящей через его середину. Определить: 1) магнитный момент, обусловленный вращением заряженного стержня; 2) отношение магнитного момента к моменту импульса, если стержень имеет массу  $12 \text{ г}$ .

- б) По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводам текут токи  $20 \text{ А}$  и  $30 \text{ А}$  в одном направлении. Расстояние между проводами равно  $10 \text{ см}$ . Вычислить магнитную индукцию в точке, удаленной от обоих проводов на одинаковое расстояние  $10 \text{ см}$ .

#### **Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях.**

- 1) Заряженная частица, двигаясь в магнитном поле по дуге окружности радиусом  $2 \text{ см}$ , прошла через свинцовую пластину, расположенную на пути частицы. Вследствие потери энергии частицей радиус кривизны траектории изменился и стал равным  $1 \text{ см}$ . Определить относительное изменение энергии частицы.
- 2) Перпендикулярно магнитному полю с индукцией  $0,1 \text{ Тл}$  возбуждено электрическое поле напряженностью  $100 \text{ кВ/м}$ . Перпендикулярно обоим полям движется, не отклоняясь от прямолинейной траектории, заряженная частица. Вычислить скорость частицы.
- 3) Заряженная частица движется по окружности радиуса  $100 \text{ мм}$  в однородном магнитном поле с индукцией  $10 \text{ мТл}$ . Найти ее скорость и период обращения, если частицей является: а) нерелятивистский протон; б) релятивистский электрон.
- 4) Протоны ускоряют в циклотроне так, что максимальный радиус кривизны их траектории  $50 \text{ см}$ . Найти: а) кинетическую энергию протонов в конце ускорения, если индукция магнитного поля в циклотроне  $1 \text{ Тл}$ ; б) минимальную частоту генератора циклотрона, при которой в конце ускорения протоны будут иметь кинетическую энергию  $20 \text{ МэВ}$ .
- 5) Нерелятивистские протоны движутся прямолинейно в области, где созданы однородные взаимно перпендикулярные электрическое и магнитное поля с напряженностью  $4 \text{ кВ/м}$  и индукцией  $50 \text{ мТл}$ . Траектория протонов лежит в плоскости  $xz$  и составляет угол  $30^\circ$  с осью  $x$ . Найти шаг винтовой линии, по которой будут двигаться протоны после выключения электрического поля.

#### **Электромагнитная индукция.**

- 1) Плоский контур, площадь которого равна  $25 \text{ см}^2$ , находится в однородном магнитном поле с индукцией  $0,04 \text{ Тл}$ . Определить магнитный поток, пронизывающий контур, если плоскость его составляет угол  $30^\circ$  с линиями индукции.
- 2) Плоский контур, площадь которого равна  $300 \text{ см}^2$ , находится в однородном магнитном поле с индукцией  $0,01 \text{ Тл}$ . Плоскость контура перпендикулярна линиям индукции. В контуре поддерживается неизменный ток  $10 \text{ А}$ . Определить работу внешних сил по перемещению контура с током в область пространства, магнитное поле в которой отсутствует.
- 3) На железное кольцо намотано в один слой  $200$  витков. Определить энергию магнитного поля, если при токе  $2,5 \text{ А}$  магнитный поток в железе равен  $0,5 \text{ мВб}$ .
- 4) Квадратная проволочная рамка со стороной  $a$  и прямой проводник с постоянным током  $I$  лежат в одной плоскости. Индуктивность и сопротивление рамки равны  $L$  и  $R$ . Рамку повернули на  $180^\circ$  вокруг стороны, отстоящей от проводника с током на расстояние  $b$ . Найти количество электричества, протекшее в рамке.

- 5) Проводник массы  $m$  скользит без трения по двум длинным проводящим рельсам, расположенным на расстоянии  $l$  друг от друга. На левом конце рельсы замкнуты сопротивлением  $R$ . Система находится в однородном магнитном поле, перпендикулярном к плоскости контура. В момент  $t = 0$  стержню сообщили вправо начальную скорость  $v_0$ . Пренебрегая сопротивлением рельсов и стержня, а также самоиндукцией, найти: а) расстояние, пройденное стержнем до остановки; б) количество тепла, выделенное при этом на сопротивлении  $R$ .

#### Магнитное поле в веществе.

- 1) Определить намагниченность тела при насыщении, если магнитный момент каждого атома равен магнетону Бора и концентрация атомов  $6 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$ . Магнитная восприимчивость марганца равна  $1,21 \cdot 10^{-4}$ . Вычислить намагниченность,
- 2) удельную намагниченность и молярную намагниченность марганца в магнитном поле напряженностью  $100 \text{ кА/м}$ . Плотность марганца считать известной. Висмутовый шарик радиусом  $1 \text{ см}$  помещен в однородное магнитное поле ( $0,5 \text{ Тл}$ ).
- 3) Определить магнитный момент, приобретенный шариком, если магнитная восприимчивость висмута равна  $-1,5 \cdot 10^{-4}$ . Напряженность магнитного поля в меди равна  $1 \text{ МА/м}$ . Определить
- 4) намагниченность меди и магнитную индукцию, если известно, что удельная магнитная восприимчивость  $-1,1 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3/\text{кг}$ .
- 5) Определить частоту ларморовой прецессии электронной орбиты в атоме, находящемся в магнитном поле Земли ( $50 \text{ мкТл}$ ).

#### Уравнения Максвелла.

- 1) Площадь пластин конденсатора  $60 \text{ см}^2$ , первоначальное расстояние между ними  $0,43 \text{ см}$ , заряд на каждой пластине конденсатора  $10^{-9} \text{ Кл}$ . Пластины конденсатора стали раздвигать со скоростью  $3 \text{ мм/мин}$ . Определить плотность тока смещения в конденсаторе через  $220 \text{ с}$  после начала движения пластин, если: а) заряды пластин остаются постоянными; б) разность потенциалов между пластинами остается постоянной.
- 2) Плоская электромагнитная волна с частотой  $10 \text{ МГц}$  распространяется в слабо проводящей среде с удельной проводимостью  $10 \text{ мСм/м}$  и диэлектрической проницаемостью, равной  $9$ . Найти отношение амплитуд токов проводимости и тока смещения.
- 3) По медному проводу, сечением которого является круг, имеющий радиус  $2 \text{ см}$ , течет ток  $500 \text{ А}$ . Определить индукцию в точках, отстоящих от оси провода на расстоянии  $0,5$  и  $5 \text{ см}$ . Построить график зависимости  $B=f(r)$ .
- 4) Получить из уравнений Максвелла закон сохранения заряда (уравнение непрерывности).
- 5) Плоский воздушный конденсатор, обкладки которого имеют форму дисков радиуса  $6 \text{ см}$ , подключен к переменному синусоидальному напряжению частоты  $1000 \text{ с}^{-2}$ . Найти отношение амплитудных значений магнитной и электрической энергии внутри конденсатора.

#### Интерференция света.

- 1) На тонкую пленку ( $n=1,33$ ) падает параллельный пучок белого света. Угол падения  $52^\circ$ . При какой толщине пленки зеркально отраженный свет будет наиболее сильно окрашен в желтый цвет ( $\lambda=0,60 \text{ мкм}$ )?
- 2) Плоско-выпуклая стеклянная линза с радиусом кривизны  $40 \text{ см}$  соприкасается выпуклой поверхностью со стеклянной пластинкой. При этом в отраженном свете радиус некоторого кольца  $2,5 \text{ мм}$ . Наблюдая за данным кольцом, линзу осторожно отодвинули от пластинки на  $5 \text{ мкм}$ . Каким стал радиус этого кольца?
- 3) Плоско-выпуклая стеклянная линза с радиусом кривизны  $40 \text{ см}$  соприкасается выпуклой поверхностью со стеклянной пластинкой. При этом в отраженном свете радиус некоторого кольца  $2,5 \text{ мм}$ . Наблюдая за данным кольцом, линзу осторожно

- отодвинули от пластинки на 5 мкм. Каким стал радиус этого кольца?
- 4) Расстояние между двумя когерентными источниками света (0,5 мкм) равно 0,1 мм. Расстояние между интерференционными полосами на экране в средней части интерференционной картины равно 1 см. Определить расстояние от источников до экрана.
  - 5) Поверхности стеклянного клина образуют между собой угол 0,2'. На клин нормально к его поверхности падает пучок лучей монохроматического света с длиной волны 0,55 мкм. Определить ширину интерференционной полосы.

#### **Дифракция света. Поляризация света.**

- 1) Свет с  $\lambda=589,0$  нм падает нормально на дифракционную решетку с периодом 2,5 мкм, содержащую 10000 штрихов. Найти угловую ширину дифракционного максимума второго порядка.
- 2) Плоская монохроматическая световая волна падает нормально на круглое отверстие. На расстоянии 9 м от него находится экран, где наблюдают некоторую дифракционную картину. Диаметр отверстия уменьшили в 3 раза. Найти новое расстояние, на котором надо поместить экран, чтобы получить на нем дифракционную картину, подобную той, что в предыдущем случае, но уменьшенную в 3 раза.
- 3) Между точечным источником света и экраном поместили диафрагму с круглым отверстием, радиус которого можно менять в процессе опыта. Расстояния от диафрагмы до источника и экрана равны 100 см и 125 см. Определить длину волны света, если максимум освещенности в центре дифракционной картины на экране наблюдается при 1 мм и следующий максимум при 1,29 мм.
- 4) При нормальном падении света на прозрачную дифракционную решетку ширины 10 мм обнаружено, что компоненты желтой линии натрия (589 и 589,6 нм) оказываются разрешенными, начиная с пятого порядка спектра. Оценить: а) период этой решетки; б) при какой ширине решетки с таким же периодом можно разрешить в третьем порядке дублет спектральной линии с длиной волны 460 нм, компоненты которого отличаются на 0,13 нм
- 5) Пучок естественного света падает на систему из 6 николей, плоскость пропускания из которых повернута на угол  $30^\circ$  относительно плоскости пропускания предыдущего николя. Какая часть светового потока проходит через эту систему?
- 6) На поверхность воды под углом Брюстера падает пучок плоскополяризованного света. Плоскость колебаний светового вектора составляет угол  $45^\circ$  с плоскостью падения. Найти коэффициент отражения.
- 7) Степень поляризации частично поляризованного света 0,25. Найти отношение интенсивности поляризованной составляющей этого света к интенсивности естественной составляющей.

#### **Законы теплового излучения. Фотоэффект. Эффект Комптона. Давление света.**

- 1) Излучение Солнца по своему спектральному составу близко к излучению абсолютно черного тела, для которого максимум испускательной способности приходится на длину волны 0,48 мкм. Найти массу, теряемую Солнцем каждую секунду за счет излучения. Оценить время, за которое масса Солнца уменьшится на 1%.
- 2) Поток излучения абсолютно черного тела 10 кВт. Максимум энергии излучения приходится на длину волны 0,8 мкм. Определить площадь  $S$  излучающей поверхности.
- 1) На металлическую пластину направлен пучок ультрафиолетового излучения ( $\lambda=0,25$  мкм). Фототок прекращается при минимальной задерживающей разности потенциалов 0,96 В. Определить работу выхода электронов из металла.
- 2) На поверхность металла падает монохроматический свет с длиной волны 0,1 мкм. Красная граница фотоэффекта 0,3 мкм. Какая доля энергии фотона расходуется на сообщение электрону кинетической энергии?

- 3) Фотон при эффекте Комптона на свободном электроном был рассеян на угол  $\pi/2$ . Определить импульс (в МэВ/с), приобретенный электроном, если энергия фотона до рассеяния была 1,02 МэВ.
- 4) Фотон с длиной волны 15 пм рассеялся на свободном электроном. Длина волны рассеянного фотона 16 пм. Определить угол рассеяния.
- 5) Определить энергетическую освещенность (облученность) зеркальной поверхности, если давление, производимое излучением, равно 40 мкПа. Излучение падает нормально к поверхности.
- 6) Давление света с длиной волны 40 нм, падающего нормально на черную поверхность, равно 2 нПа. Определить число фотонов, падающих за время 10 с на площадь 1 мм<sup>2</sup> этой поверхности.

**Волновые свойства частиц. Принцип неопределенности.**

- 1) Какую энергию необходимо дополнительно сообщить электрону, чтобы его дебройлевская длина волны уменьшилась от 100 до 50 пм?
- 2) Оценить наименьшие ошибки, с которыми можно определить скорость электрона, протона и шарика массы 1 мг, если координаты частиц и центра шарика установлены с неопределенностью 1 мкм.
- 3) Во сколько раз отличаются дебройлевская длина волны электрона, прошедшего разность потенциалов в 1В, и дебройлевская длина волны электрона, прошедшего разность потенциалов в 1кВ?
- 4) Частица находится в основном состоянии в одномерной прямоугольной потенциальной яме шириной с абсолютно непроницаемыми стенками ( $0 < x < l$ ). Найти вероятность пребывания частицы в средней части потенциальной ямы.