

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

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ**

по учебной дисциплине (модулю)

Б1.Б.15 Физика

Направление подготовки/специальность:

21.03.01 Нефтегазовое дело

Направленность (профиль) подготовки:

**Эксплуатация и обслуживание объектов нефтегазового комплекса
Арктического шельфа**

Составитель _____ /Ботова М.Г./
(подпись)

«____» _____ 2019 г.

1) Перечень практических работ

№ п\п	Темы практических работ	Количество часов	
		Очная	Заочная
1	2	3	5
Механика. Молекулярная физика.			
		1 курс, 1 семестр	1 курс
1.	Кинематика.	2	1
2.	Динамика.	2	0,5
3.	Силы в классической механике.	2	0,5
4.	Динамика вращательного движения твердого тела.	2	1
5.	Основы релятивистской механики.	2	0,5
6.	Распределение Максвелла. Барометрическая формула.	2	0,5
7.	Термодинамика.	2	1
8.	Явления переноса.	2	0,5
Итого за 1 семестр:		16	-
Электричество и магнетизм.			
		1 курс, 2 семестр	1 курс
1.	Электростатическое поле. Теорема Гаусса. Потенциал.	2	1
2.	Диэлектрики в электростатическом поле.	2	0,5
3.	Постоянный электрический ток. Работа и мощность тока.	2	1
Итого за 1 курс:		-	8
		1 курс, 2 семестр	2 курс
4.	Магнитное поле.	2	0,5
5.	Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях.	2	1
6.	Электромагнитная индукция.	2	0,5
7.	Магнитное поле в веществе.	2	0,5
8.	Уравнения Максвелла.	2	1
Итого за 2 семестр:		16	-
Оптика. Квантовая физика.			
		2 курс, 3 семестр	2 курс
1.	Механические колебания.	1	0,5
2.	Электрические колебания.	1	0,5
3.	Волновые процессы	2	0,5
4.	Интерференция света. Дифракция света. Поляризация света.	4	1
5.	Законы теплового излучения.	2	0,5
6.	Фотоэффект. Эффект Комптона. Давление света.	2	0,5
7.	Волновые свойства частиц. Принцип неопределенности.	2	0,5
8.	Атомное ядро. Радиоактивность. Ядерные реакции.	2	0,5
Итого за 3 семестр:		16	-
Итого за 2 курс:		-	8
Итого за курс:		48	16

2) 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.

3) Критерии и шкала оценивания решения задач

Оценка	Критерии оценки
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.

4) Примерное содержание заданий

1 курс, 1 семестр.

Механика.

Кинематика поступательного и вращательного движения точки.

- 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/с². 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: $x=At$, $y=At(1-\alpha t)$, где A и α — 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/с². 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/с². Найти полное ускорение точки на ободе колеса в момент времени 2,5 с, если линейная скорость точки в этот момент 0,65 м/с.

Динамика поступательного движения точки. Силы в природе. Законы сохранения импульса и механической энергии.

- 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° 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° к первоначальному направлению движения частицы m . На сколько процентов и как изменилась кинетическая энергия этой системы после столкновения, если $M/m = 5$?

Механика абсолютно твердого тела. Законы сохранения момента импульса и механической энергии при вращательном движении абсолютно твердого тела.

- 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/с², $C=-1$ рад/с³. 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 АВ массы m и длины l может свободно вращаться вокруг вертикальной оси, проходящей через его конец А. В некоторый момент на конец В 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 φ 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 ω 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 $n_1 = 0,5 \text{ с}^{-1}$. Момент инерции J_0 тела человека относительно оси вращения равен $1,6 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$. В вытянутых в стороны руках человек держит по гире массой $m = 2 \text{ кг}$ каждая. Расстояние между гирями $\ell_1 = 1,6 \text{ м}$. Определить частоту вращения n_2 скамьи с человеком, когда он опустит руки и расстояние ℓ_2 между гирями станет равным $0,4 \text{ м}$. Моментом инерции скамьи пренебречь.

Неинерциальные системы отсчета. Специальная теория относительности.

- 1) Найти собственную длину стержня, если в лабораторной системе отсчета его скорость $v = c/2$, длина 1 м и угол между ним и направлением движения 45° .
- 2) Собственное время жизни некоторой нестабильной частицы 10 нс . Найти путь, который пролетит эта частица до распада в лабораторной системе отсчета, где ее время жизни 20 нс .
- 3) Две частицы движутся навстречу друг другу со скоростями $0,5c$ и $0,75c$ по отношению к лабораторной системе отсчета. Найти: а) скорость сближения частиц в лабораторной системе отсчета; б) их относительную скорость.
- 4) Плотность покоящегося тела равна ρ_0 . Найти скорость системы отсчета относительно данного тела, в которой его плотность будет на 25% больше ρ_0 .
- 5) Найти зависимость импульса от кинетической энергии частицы с массой покоя m_0 . Вычислить импульс протона с кинетической энергией 500 МэВ .

Молекулярная физика. Термодинамика.

Основы молекулярно-кинетической теории идеального газа.

- 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 $2,4 \text{ МПа}$, во втором- $1,6 \text{ МПа}$. 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 NH_3 при температуре 27°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 м^3 до 3 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 .
- 5) 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?

- б) Вычислить КПД цикла, состоящего из изотермы, изобары и изохоры, если при изотермическом процессе объем идеального газа с показателем адиабаты γ :
- увеличивается в n раз;
 - уменьшается в n раз.

Элементы статистической физики.

- Используя функцию распределения молекул по скоростям, получить функцию, выражающую распределение молекул по относительным скоростям.
- В центрифуге с ротором радиусом, равным 0,5 м, при температуре 300 К находится в газообразном состоянии вещество с относительной молекулярной массой 10^3 . Определить отношение концентраций молекул у стенок ротора и в центре его, если ротор вращается с частотой 30 с^{-1} .
- Определить силу, действующую на частицу, находящуюся во внешнем однородном поле силы тяжести, если отношение концентраций частиц на двух уровнях, отстоящих друг от друга на 1 м, равно e . Температуру считать везде одинаковой и равной 300 К.
- Найти для газообразного азота:
 - температуру, при которой скоростям молекул 300 м/с и 600 м/с соответствуют одинаковые значения функции распределения Максвелла ;
 - скорость молекул, при которой значение функции распределения Максвелла для температуры T_0 будет таким же, как и для температуры в η раз большей.

Элементы физической кинетики.

- Найти среднюю длину свободного пробега и среднее время между столкновениями молекул газообразного азота, находящегося: а) при нормальных условиях; б) при температуре 0°C и давлении 1,0 нПа (такое давление позволяют получать современные вакуумные насосы).
- Гелий при нормальных условиях заполняет пространство между двумя длинными коаксиальными цилиндрами. Средний радиус цилиндров R , зазор между ними ΔR , причем $\Delta R \ll R$. Внутренний цилиндр неподвижен, а внешний вращают с достаточно небольшой угловой скоростью ω . Найти момент сил трения, действующих на единицу длины внутреннего цилиндра. До какого значения надо уменьшить давление гелия (не меняя температуры), чтобы искомый момент сил трения уменьшился в 10 раз, если $\Delta R = 6 \text{ мм}$?
- Один конец стержня, заключенного в теплоизолирующую оболочку, поддерживается при температуре T_1 , а другой конец - при температуре T_2 . Сам стержень состоит из двух частей, длины которых l_1 и l_2 , и коэффициенты теплопроводности χ_1 и χ_2 . Найти температуру поверхности соприкосновения этих частей стержня.
- Найти коэффициент диффузии водорода при нормальных условиях, если средняя длина свободного пробега молекул при этих условиях равна $1,6 \cdot 10^{-7} \text{ м}$.
- Найти коэффициент внутреннего трения азота при нормальных условиях, если его коэффициент диффузии равен $0,142 \text{ см}^2/\text{с}$.

1 курс. 2 семестр.

Электричество.

Закон Кулона. Расчет характеристик электростатических полей в вакууме - принцип суперпозиции полей. Расчет характеристик электростатических полей в вакууме, теорема Остроградского-Гаусса.

- Тонкий стержень длиной 10 см равномерно заряжен. Линейная плотность заряда равна 1 мкКл/м. На продолжении оси стержня на расстоянии 20 см от ближайшего его конца находится точечный заряд 100 нКл. Определить силу взаимодействия заряженного стержня и точечного заряда.
- Эбонитовый сплошной шар радиусом 5 см несет заряд, равномерно распределенный с объемной плотностью 10 нКл/м^3 . Определить напряженность и смещение

электрического поля в точках: 1) на расстоянии 3 см от центра сферы; 2) на поверхности сферы; 3) на расстоянии 10 см от центра сферы. Построить графики зависимостей $E(r)$ и $D(r)$.

- 3) В центре сферы радиусом 20 см находится точечный заряд 10 нКл. Определить поток вектора напряженности через часть сферической поверхности площадью 20 см^2 .
- 4) Электрическое поле создано двумя точечными зарядами 40 нКл и -10 нКл , находящимися на расстоянии 10 см друг от друга. Определить напряженность поля в точке, удаленной от первого заряда на 12 см и от второго на 6 см.

Проводники и диэлектрики в электростатических полях.

- 1) Сплошной парафиновый шар радиусом 10 см равномерно заряжен с объемной плотностью 1 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 ϵ - диэлектрическая проницаемость, σ - 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.

Энергия электростатического поля. Конденсаторы.

- 1) Два конденсатора емкостями 3 мкФ и 6 мкФ соединены между собой и присоединены к батарее с ЭДС 120 В. Определить заряды конденсаторов и разности потенциалов между их обкладками, если конденсаторы соединены: 1) параллельно; 2) последовательно.
- 2) Уединенная металлическая сфера емкостью 10 пФ заряжена до потенциала 3 кВ. Определить энергию поля, заключенного в сферическом слое, ограниченном сферой и концентрической с ней сферической поверхностью, радиус которой в три раза больше радиуса сферы.
- 3) Разность потенциалов между катодом и анодом электронной лампы равна 90 В, расстояние 1 мм. С каким ускорением движется электрон от катода к аноду? Какова скорость электрона в момент удара об анод? За какое время электрон пролетает расстояние от катода до анода? Поле считать однородным.
- 4) Пространство между обкладками плоского конденсатора заполнено последовательно двумя диэлектрическими слоями 1 и 2 с толщинами d_1 и d_2 и с проницаемостями ϵ_1 и ϵ_2 . Площадь каждой обкладки равна S . Найти: а) емкость конденсатора; б) плотность связанных зарядов на границе раздела диэлектрических слоев, если напряжение на конденсаторе равно U и электрическое поле направлено от слоя 1 к слою 2.
- 5) Конденсатор емкости 1 мкФ выдерживает напряжение не более 6 кВ, а конденсатор емкости 2 мкФ - не более 4 кВ. Какое напряжение может выдержать система из этих двух конденсаторов при последовательном соединении?

Законы постоянного тока.

- 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?

Магнетизм.

Расчет характеристик магнитных полей (закон Био-Савара-Лапласа, принцип суперпозиции полей и закон полного тока).

- 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 МА/м^2 . Найти циркуляцию вектора напряженности вдоль окружности радиусом 5 мм, проходящей внутри проводника и ориентированной так, что ее плоскость составляет угол 30° 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 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 г.
- 6) По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводам текут токи 20 А и 30 А в одном направлении. Расстояние между проводами равно 10 см. Вычислить магнитную индукцию в точке, удаленной от обоих проводов на одинаковое расстояние 10 см.

Силы Лоренца и Ампера. Контур с током в однородном магнитном поле.

- 1) Заряженная частица, двигаясь в магнитном поле по дуге окружности радиусом 2 см, прошла через свинцовую пластину, расположенную на пути частицы. Вследствие потери энергии частицей радиус кривизны траектории изменился и стал равным 1 см. Определить относительное изменение энергии частицы.
- 2) Перпендикулярно магнитному полю с индукцией 0,1 Тл возбуждено электрическое поле напряженностью 100 кВ/м. Перпендикулярно обоим полям движется, не отклоняясь от прямолинейной траектории, заряженная частица. Вычислить скорость частицы.
- 3) Заряженная частица движется по окружности радиуса 100 мм в однородном магнитном поле с индукцией 10 мТл. Найти ее скорость и период обращения, если частицей является: а) нерелятивистский протон; б) релятивистский электрон.
- 4) По проводу, согнутому в виде квадрата со стороной длиной 10 см, течет ток 20 А,

сила которого поддерживается неизменной. Плоскость квадрата составляет угол 20° с линиями индукции однородного магнитного поля ($B=0,1$ Тл). Вычислить работу, которую необходимо совершить для того, чтобы удалить провод за пределы поля.

- 5) По тонкому проводу в виде кольца радиусом 20 см течет ток 100 А. Перпендикулярно плоскости кольца возбуждено однородное магнитное поле с индукцией 20 мТл. Найти силу, растягивающую кольцо.

Магнитный поток. Электромагнитная индукция.

- 1) Плоский контур, площадь которого равна 25 см^2 , находится в однородном магнитном поле с индукцией 0,04 Тл. Определить магнитный поток, пронизывающий контур, если плоскость его составляет угол 30° с линиями индукции.
- 2) Плоский контур, площадь которого равна 300 см^2 , находится в однородном магнитном поле с индукцией 0,01 Тл. Плоскость контура перпендикулярна линиям индукции. В контуре поддерживается неизменный ток 10 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 А магнитный поток в железе равен 0,5 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° 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 .

Уравнения Максвелла.

- 1) Площадь пластин конденсатора 60 см^2 , первоначальное расстояние между ними 0,43 см, заряд на каждой пластине конденсатора 10-9 Кл. Пластины конденсатора стали раздвигать со скоростью 3 мм/мин. Определить плотность тока смещения в конденсаторе через 220 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 МГц распространяется в слабо проводящей среде с удельной проводимостью 10 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 см, течет ток 500 А. Определить индукцию в точках, отстоящих от оси провода на расстоянии 0,5 и 5 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 см, подключен к переменному синусоидальному напряжению частоты $\omega = 1000 \text{ с}^{-2}$. Найти отношение амплитудных значений магнитной и электрической энергии внутри конденсатора.

1 курс. 3 семестр.

Оптика.

Механические колебания и волны.

- 1) Некоторая точка движется вдоль оси x по закону $x = A \sin^2(\omega t - \pi/4)$.
Найти: а) амплитуду и период колебаний; изобразить график $x(t)$; б) проекцию скорости v_x как функцию координаты x ; изобразить график $v_x(x)$.
- 2) Найти уравнения траектории точки $y(x)$, если она движется по законам:
а) $x = A \sin \omega t$, $y = A \sin 2\omega t$; б) $x = A \sin \omega t$, $y = A \cos 2\omega t$. Изобразить графики этих траекторий.
- 3) Определить период малых колебаний математического маятника - шарика, подвешенного на нити длины 20 см, если он находится в жидкости, плотность которой в 3 раза меньше плотности шарика. Сопротивление жидкости считать пренебрежимо малым.
- 4) Тело массы m висит на пружине, прикрепленной к потолку кабины лифта. Жесткость пружины k . В момент $t = 0$ кабина начала подниматься с ускорением a . Пренебрегая массой пружины, найти закон движения груза $y(t)$ относительно кабины лифта, если $y(0) = 0$ и $y'(0) = 0$. Рассмотреть два случая: а) $a = \text{const}$; б) $a = \alpha t$, где α - постоянная.
- 5) Математический маятник совершает колебания в среде, для которой логарифмический декремент затухания 1,5. Каким будет логарифмический декремент затухания, если сопротивление среды увеличить в 2 раза? Во сколько раз следует увеличить сопротивление среды, чтобы колебания стали невозможны?

Электромагнитные колебания и волны.

- 1) Найти средний вектор Пойтинга у плоской электромагнитной волны $E = E_m \cos(\omega t - kr)$, если волна распространяется в вакууме.
- 2) В сеть переменного тока с действующим напряжением 220 В включены последовательно конденсатор емкостью $1 \cdot 10^{-4}$ Ф, катушка индуктивностью 0,4 Гн и активное сопротивление 8 Ом. Определить амплитуду силы тока в цепи, если частота переменного тока 200 Гц, а также частоту переменного тока, при которой в данном контуре наступит резонанс напряжений.
- 3) Колебательный контур содержит конденсатор емкостью C и катушку с индуктивностью L и активным сопротивлением R . Найти отношение энергии магнитного поля к энергии электрического поля в контуре в момент максимума тока.
- 4) Контур состоит из катушки индуктивностью 28 мкГн, активного сопротивления 1 Ом и конденсатора емкостью 2222 пФ. Какую мощность будет потреблять контур, если в нем поддерживать незатухающие колебания, при которых максимальное напряжение на конденсаторе 5 В?
- 5) В колебательном контуре имеется конденсатор емкости C , катушка индуктивности L , активное сопротивление R и ключ. При разомкнутом ключе конденсатор зарядили, а затем ключ разомкнули. Найти отношение напряжения на конденсаторе в начальный момент (сразу после замыкания ключа) к его амплитудному значению.

Интерференция света. Дифракция света. Поляризация света.

- 1) На тонкую пленку ($n=1,33$) падает параллельный пучок белого света. Угол падения 52° . При какой толщине пленки зеркально отраженный свет будет наиболее сильно окрашен в желтый цвет ($\lambda=0,60$ мкм)?
- 2) Плоско-выпуклая стеклянная линза с радиусом кривизны 40 см соприкасается выпуклой поверхностью со стеклянной пластинкой. При этом в отраженном свете радиус некоторого кольца 2,5 мм. Наблюдая за данным кольцом, линзу осторожно отодвинули от пластинки на 5 мкм. Каким стал радиус этого кольца?
- 3) 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.
- 4) 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.

- 5) Пучок естественного света падает на систему из 6 николей, плоскость пропускания каждого из которых повернута на угол 30° 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° с плоскостью падения. Найти коэффициент отражения.

Взаимодействие света с веществом.

- 1) Найти концентрацию свободных электронов ионосферы, если для радиоволн с частотой 100 МГц ее показатель преломления 0,90.
- 2) Имея в виду, что для достаточно жестких рентгеновских лучей электроны вещества можно считать свободными, определить, на сколько отличается от единицы показатель преломления графита для рентгеновских лучей с длиной волны в вакууме 50 пм.
- 3) Показатель поглощения плазмы крови равен $0,836 \text{ см}^{-1}$. Какая толщина слоя плазмы крови уменьшает интенсивность падающего света в 3 раза?
- 4) Перед пучком лучей установлена преграда, уменьшающая интенсивность света. Коэффициент линейного поглощения вещества равен $0,25 \text{ м}^{-1}$. Во сколько раз уменьшится интенсивность света при прохождении слоя вещества толщиной 2,77 м?
- 5) Каков коэффициент поглощения вещества, если свет падая перпендикулярно по очереди на две пластинки, из него (толщина первой пластинки 10^{-2} см , второй $5 \cdot 10^{-2} \text{ см}$ уменьшает свою интенсивность после первой пластинки на 82%, после второй на 67% от первоначальной интенсивности.

Законы теплового излучения.

- 1) Энергетическая светимость абсолютно черного тела 3 Вт/см^2 . Определить длину волны, отвечающую максимуму испускательной способности этого тела.
- 2) 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%.
- 3) Поток излучения абсолютно черного тела 10 кВт. Максимум энергии излучения приходится на длину волны 0,8 мкм. Определить площадь S излучающей поверхности.
- 4) Как и во сколько раз изменится поток излучения абсолютно черного тела, если максимум энергии излучения переместится с красной границы видимого спектра ($\lambda_{m1}=780 \text{ нм}$) на фиолетовую ($\lambda_{m2}=390 \text{ нм}$)?
- 5) Средняя энергетическая светимость поверхности Земли равна $0,54 \text{ Дж/(см}^2 \cdot \text{мин)}$. Какова должна быть температура поверхности Земли, если условно считать, что она излучает как серое тело с коэффициентом черноты 0,25?

Фотоэффект. Эффект Комптона. Давление света.

- 1) На металлическую пластину направлен пучок ультрафиолетового излучения ($\lambda=0,25 \text{ мкм}$). 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 электроне 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 электроне. 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 мм² этой поверхности.

Основы квантовой механики.

- 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.

Атомное ядро. Радиоактивность. Ядерные реакции.

- 1) Препарат U^{238} массы 1,0 г излучает $1,24 \cdot 10^4$ α -частиц в секунду. Найти период полураспада этого изотопа и активность препарата.
- 2) Определить возраст древних деревянных предметов, если известно, что удельная активность изотопа C^{14} у них составляет $3/5$ удельной активности этого изотопа в только что срубленных деревьях. Период полураспада ядер C^{14} равен 5570 лет.
- 3) Покоившееся ядро Po^{200} испустило α -частицу с кинетической энергией 5,77 МэВ. Найти скорость отдачи дочернего ядра. Какую долю полной энергии, освобождаемой в этом процессе, составляет энергия отдачи дочернего ядра?
- 4) Считая радиус ядра равным $R = 0,13 \cdot A^{1/3}$ пм, где A - его массовое число, оценить плотность ядер, а также число нуклонов в единице объема ядра.
- 5) Написать недостающие обозначения (x) в следующих ядерных реакциях:
 - а) $B^{10} (x, \alpha) Be^8$;
 - б) $O^{17} (d, n) x$;
 - в) $Na^{23} (p, x) Ne^{20}$;
 - г) $x(p, n) Ar^{37}$.
- 6) Найти энергию связи ядра, которое имеет одинаковое число протонов и нейтронов и радиус, в полтора раза меньший радиуса ядра Al^{27} .