

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания по подготовке к практическим занятиям

ФИЗИКА

Специальность 21.05.06 Нефтегазовая техника и технологии
Специализация
«Технология бурения нефтяных и газовых скважин»

Ставрополь, 2026

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	4
РАЗДЕЛ 1 МЕХАНИКА.....	5
ТЕМА 1. МЕХАНИКА ПОСТУПАТЕЛЬНОГО И ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ	5
ТЕМА 2. ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ	7
РАЗДЕЛ 2. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА.....	9
ТЕМА 6. ОСНОВНЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ	9
ТЕМА 7. ИДЕАЛЬНЫЙ ГАЗ	10
ТЕМА 8. ЯВЛЕНИЯ ПЕРЕНОСА.....	13
ТЕМА 9. ОСНОВЫ ТЕРМОДИНАМИКИ	15
РАЗДЕЛ 3. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ	18
ТЕМА 11. ЭЛЕКТРОСТАТИКА	18
ТЕМА 12. ПОСТОЯННЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК	21
ТЕМА 13. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ.....	24
ТЕМА 14. ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ	26
ТЕМА 15. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ.....	28
ТЕМА 16. МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ВЕЩЕСТВА	30
ТЕМА 18. ТЕОРИЯ МАКСВЕЛЛА И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ.....	32
РАЗДЕЛ 4. ОПТИКА	34
ТЕМА 19. ЗАКОНЫ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИКИ.	34
ТЕМА 21. ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ СВЕТА	36
ТЕМА 22. ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА	38
ТЕМА 24. ПОЛЯРИЗАЦИЯ СВЕТА	40
ТЕМА 28. ВОЛНОВЫЕ СВОЙСТВА ВЕЩЕСТВА	44
РАЗДЕЛ 5. ФИЗИКА АТОМА И ЯДРА	46
ТЕМА 29. МОДЕЛИ СТРОЕНИЯ АТОМА	46
ТЕМА 30. СТРОЕНИЕ И СПЕКТРЫ АТОМОВ	49
ТЕМА 31. ЛАЗЕРЫ	50
ТЕМА 32. ЕСТЕСТВЕННАЯ РАДИОАКТИВНОСТЬ	52
ТЕМА 33. ИСКУССТВЕННАЯ РАДИОАКТИВНОСТЬ	54
ТЕМА 34. ЭЛЕМЕНТЫ ДОЗИМЕТРИИ	55
ТЕМА 35. ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЧАСТИЦЫ	57
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	60
ВВЕДЕНИЕ.....	64
ПЛАН-ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ	66

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА, ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ И ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ.....	70
---	----

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность учебной дисциплины «Физика» обусловлена необходимостью формирования у будущих специалистов общепрофессиональных компетенций, практических умений на которых базируется профессиональная деятельность в физике. В современных условиях важнейшим элементом подготовки специалистов в области физики является формирование у них самостоятельности и культуры научного мышления, способности вести научную и профессиональную деятельность, навыков постановки целей, задач при решении проблемных ситуаций.

Целью практических занятий является формирование профессиональных компетенций специалиста по направлению 21.05.06 Нефтегазовая техника и технологии, связанных с освоением необходимого математического и физического аппарата, с помощью которого разрабатываются и исследуются теоретические и экспериментальные модели наноматериалов

Основные задачи дисциплины:

- приобретение знаний о методах научного познания природы; о современной физической картине мира; свойствах вещества и поля; об основах фундаментальных физических теорий; пространственно-временных закономерностях; динамических и статистических законах природы; элементарных частицах и фундаментальных взаимодействиях; строении и эволюции вселенной;
- овладение умениями проводить наблюдения, планировать и выполнять эксперименты, обрабатывать результаты экспериментов, применять теоретические знания при решении задач;
- воспитание убежденности о необходимости разумного использования достижений науки и технологий для дальнейшего развития общества; отношения к физике как элементу общечеловеческой культуры;
- применение знаний по физике для объяснения явлений природы, принципов работы технических устройств, самостоятельного приобретения знаний, использования современных информационных технологий для поиска, переработки и представления информации по физике;

В результате изучения дисциплины у обучающихся формируется следующие компетенции (в соответствии с образовательным стандартом):

ИД-2_{ОПК-1} использует основные законы естественнонаучных дисциплин

ИД-3_{ОПК-1} знает принципиальные особенности моделирования математических, физических и химических процессов, предназначенные для конкретных технологических процессов

РАЗДЕЛ 1 МЕХАНИКА

ТЕМА 1. МЕХАНИКА ПОСТУПАТЕЛЬНОГО И ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

Цель

Рассмотреть кинематику поступательного движения материальной точки. Рассмотреть динамику поступательного и вращательного движения материальной точки и твердого тела. Дать определение понятию «работа». Рассмотреть работу постоянной и переменной силы. Дать определение понятию «мощность». Рассмотреть связь работы и мощности.

Типовые задания для выполнения практических

Пример. Кинематическое уравнение движения материальной точки по прямой (ось x) имеет вид $x = A + Bt + Ct^3$, где $A = 4$ м, $B = 2$ м/с, $C = -0,5$ м/с². Для момента времени $t_1 = 2$ с определить:

- 1) координату x_1 точки
- 2) мгновенную скорость v_1 ,
- 3) мгновенное ускорение a_1 .

Решение: 1. Координату точки, для которой известно кинематическое уравнение движения, найдем, подставив в уравнение движения вместо t заданное значение времени t_1 :

$$x = A + Bt + Ct$$

Подставим в это выражение значения A , B , C , t_1 и произведем вычисления:

$$x_1 = 4 \text{ м}$$

2. Мгновенную скорость в произвольный момент времени найдем, продифференцировав координату x по времени: $v = \frac{dx}{dt} = B + 3Ct$

Тогда в заданный момент времени t_1 мгновенная скорость

$$v_1 = B + 3Ct_1^2$$

Подставим сюда значения B , C , t_1 и произведем вычисления:

$$v_1 = -4 \text{ м/с}$$

Знак минус указывает на то, что в момент времени $t_1 = 2$ с точка движется в отрицательном направлении координатной оси.

3. Мгновенное ускорение в произвольный момент времени найдем, взяв вторую производную от координаты x по времени: $a = \frac{d^2x}{dt^2} = 6Ct$

Мгновенное ускорение в заданный момент времени t_1 равно $a_1 = 6Ct_1$. Подставим значения C , t_1 и произведем вычисления:

$$a_1 = -6м/с^2$$

Знак минус указывает на то, что направление вектора ускорения совпадает отрицательным направлением координатной оси, причем в условиях данной задачи это имеет место для любого момента времени.

Задача 1. Две прямые дороги пересекаются под углом $\alpha = 60^\circ$. От перекрестка по ним удаляются машины: одна со скоростью $v_1 = 60$ км/ч, другая со скоростью $v_2 = 80$ км/ч. Определить скорости v' и v'' , с которыми одна машина удаляется от другой. Перекресток машины прошли одновременно.

Задача 2. Материальная точка движется по плоскости согласно уравнению $\vec{r}(t) = iAt + jBt^2$. Написать зависимости: 1) $\vec{v}(t)$; 2) $\vec{a}(t)$

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Что называют радиус–вектором?
2. Дайте определение мгновенной скорости
3. Что называют нормальным ускорением? Как его определить
4. Запишите кинематическое уравнение равномерного вращения
5. Как связаны линейная и угловая скорости
6. Что называют ортой?
7. Дайте определение ускорения
8. Запишите кинематическое уравнение равнопеременного движения вдоль оси x
9. Дайте определение мгновенной угловой скорости
10. Как вычислить путь пройденный точкой по дуге окружности радиусом R
11. Дайте определение средней скорости
12. Как найти ускорение при криволинейном движении?
13. Как найти скорость точки при равнопеременном движении?
14. Запишите кинематическое уравнение равнопеременного движения?
15. Как связаны линейная и угловая скорости?
16. Дайте определение средней путевой скорости
17. Что называют тангенсальным ускорением? Как его определить
18. Запишите кинематическое уравнение равномерного вращения
19. Дайте определение средней угловой скорости

20. Запишите кинематическое уравнение равнопеременного движения

Задача 1. Тело прошло первую половину пути за время $t_1=2$ с, вторую – за время $t_2 = 8$ с. Определить среднюю путевую скорость $\langle v \rangle$ тела, если длина пути $S = 20$ м.

Задача 2. За время $t = 6$ с точка прошла путь, равный половине длины окружности радиусом $R = 0,8$ м. Определить среднюю путевую скорость $\langle v \rangle$ за это время и модуль вектора средней скорости $|\langle v \rangle|$

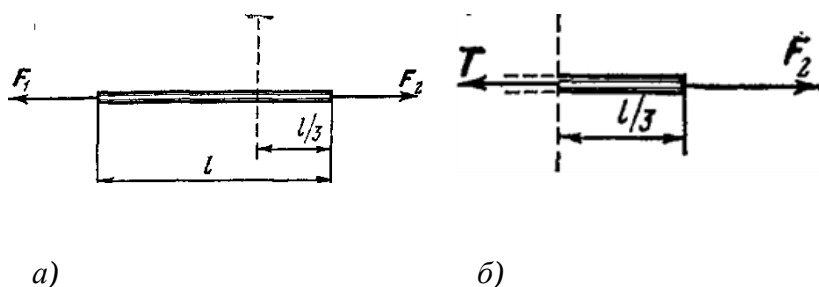
ТЕМА 2. ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ

Цель

Дать определение понятию «импульс тела». Сформулировать закон сохранения импульса. Дать определение понятию «момент импульса». Дать определение понятиям «кинетическая энергия», «потенциальная энергия» и «полная механическая энергия». Сформулировать законы сохранения энергии. Сформулировать закон сохранения момента импульса тела. Рассмотреть вопросы о симметрии в природе.

Типовые задания для выполнения практических

Пример. К концам однородного стержня приложены две противоположно направленные силы: $F_1 = 40$ Н и $F_2 = 100$ Н. Определить силу натяжения T стержня в поперечном сечении, которое делит стержень на две части в отношении 1:2.



Решение. Если бы силы $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$ были равны между собой, то сила натяжения в любом сечении стержня была бы одинаковой и равной

силам, приложенным к концам стержня. Стержень в этом случае находился бы в покое. Но так как сумма сил, действующих на стержень, отлична от нуля, то стержень будет двигаться с ускорением, величина и направление которого определяются по второму закону Ньютона: $\vec{a} = \frac{\vec{F}_1 + \vec{F}_2}{m}$, где m – масса стержня. Так как обе силы действуют вдоль прямой, то геометрическую сумму можно заменить алгебраической:

$$a = \frac{F_1 + F_2}{m} \quad (1)$$

При ускоренном движении стержня силы натяжения в разных сечениях различны. Для определения этих сил применим следующий прием: разделим стержень на две части в интересующем нас сечении и отбросим одну из них, например, левую. Действие левой части на правую заменим силой натяжения T (рис б). В результате действия разности сил $F_2 - T$ оставшаяся правая часть стержня массой m_1 должна двигаться с ускорением $a = \frac{F_2 - T}{m_1}$ равным по величине и направлению прежнему ускорению, выражаемому формулой (1). Так как стержень однородный, то $m_1 = \frac{m}{3}$ и, следовательно,

$$a = \frac{F_2 - T}{\frac{m}{3}} \quad (2)$$

Приравняв правые части равенства (1) и (2) и выражая из полученного равенства силу натяжения T , находим: $T = F_2 - \frac{F_2 - F_1}{3}$

Подставив значения F_1 и F_2 , получим

$$T = 80 \text{ Н.}$$

Задача 1. Лодка с двумя пассажирами равномерно плывёт по озеру со скоростью $v_1 = 2 \text{ м/с}$. Один человек прыгнул с кормы лодки так, что его скорость относительно воды оказалась равной нулю. Затем аналогичный прыжок совершил 2-ой человек (и его скорость относительно воды оказалась равной 0). С какой скоростью v_2 стала двигаться лодка, если её масса в 2 раза больше массы каждого пассажира.

Задача 2. Ракета, масса которой без заряда $M = 600 \text{ г}$, при сгорании $m = 80 \text{ г}$ пороха взлетает на высоту $h = 180 \text{ м}$. Определите скорость выхода из ракеты пороховых газов. Считать, что порох сгорает на старте мгновенно

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Импульс силы – это Формула и в чем измеряется
2. Что называют абсолютно упругим ударом?
3. Запишите закон сохранения импульса замкнутой системы при абсолютно неупругом ударе
4. Мощность – это Формула и в чем измеряется
5. Потенциальная энергия – это....
6. Как определить импульс системы тел?
7. Что называют абсолютно неупругим ударом?
8. Какое движение называют реактивным?

9. Запишите закон сохранения механической энергии
10. Сформулируйте второй закон Ньютона
11. Направление каких векторов совпадает с направлением силы и ускорения?
12. Запишите закон сохранения импульса замкнутой системы при абсолютно упругом ударе
13. Механическая работа – это... Формула и в чем измеряется
14. Кинетическая энергия – это... Формула и в чем измеряется

Задача 1. Конькобежец массой $M=50$ кг бросает горизонтально шайбу массой $m=200$ г со скоростью $v=20$ м/с. На какое расстояние откатится конькобежец после броска шайбы? Коэффициент трения коньков о лёд $k=0,02$.

Задача 2. Верёвка длиной $L=4$ м и массой $m=0,5$ кг свешивается вертикально с края крыши. Какую работу необходимо совершить, чтобы поднять верёвку на крышу?

РАЗДЕЛ 2. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

ТЕМА 6. ОСНОВНЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ

Цель

Рассмотреть экспериментальное обоснование молекулярно-кинетической теории вещества. Сформулировать законы поведения разреженных газов. Дать определение понятиям «теплота» и «работа». Дать определение понятию «теплоемкость»

Типовые задания для выполнения практических

Пример. Найти молярную массу M смеси кислорода массой $m_1 = 25$ г и азота массой $m_2 = 75$ г.

Решение:. Молярная масса смеси $M_{\text{см}}$ есть отношение массы смеси $m_{\text{см}}$ к количеству вещества смеси $\nu_{\text{см}}$, т. е.:

$$M_{\text{см}} = \frac{m_{\text{см}}}{\nu_{\text{см}}} \quad (1)$$

Масса смеси равна сумме масс компонентов смеси $m_{\text{см}} = m_1 + m_2$ Количество вещества смеси равно сумме количеств вещества компонентов.

Подставив в формулу (1) выражения $m_{\text{см}}$ и $\nu_{\text{см}}$, получим

$$M_{\text{см}} = \frac{m_1 + m_2}{\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2}} \quad (2)$$

Найдем молярные массы M_1 кислорода и M_2 , азота:

$M_1 = 32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль, $M_2 = 28 \cdot 10^{-3}$ кг/моль. Подставим значения величин во (2) и произведем вычисления: $M_{\text{см}} = 28,9 \cdot 10^{-3}$ кг/моль

Задача 1. В сосуде вместимостью $V = 20$ л находится газ количеством вещества $\nu = 1,5$ кмоль. Определить концентрацию n молекул в сосуде.

Задача 2. Идеальный газ находится при нормальных условиях в закрытом сосуде. Определить концентрацию n молекул газа.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Что называют концентрацией частиц?
2. Как определить концентрацию частиц в заданном объеме?
3. Запишите основное уравнение кинетической теории газов. Дайте пояснение.
4. Как определить среднюю кинетическую энергию молекулы? Дайте пояснение.
5. Как определить полную энергию молекулы? Дайте пояснение.
6. Как определить энергию поступательного движения молекулы? Дайте пояснение.
7. Как определить энергию вращательного движения молекулы? Дайте пояснение.
8. Как связаны давление и концентрация молекул? Дайте пояснение.
9. Запишите среднюю квадратичную скорость. Дайте пояснение.
10. Запишите среднюю арифметическую скорость. Дайте пояснение.
11. Запишите наиболее вероятную скорость. Дайте пояснение.

Задача 1. В двух одинаковых по вместимости сосудах находятся разные газы: в первом – водород, во втором – кислород. Найти отношение n_1/n_2 концентраций газов, если массы газов одинаковы.

Задача 2. Определить среднюю кинетическую энергию поступательного движения и среднее значение полной кинетической энергии молекулы водяного пара при температуре $T = 600$ К. Найти также кинетическую энергию W поступательного движения всех молекул пара, содержащего количество вещества $\nu = 1$ кмоль.

ТЕМА 7. ИДЕАЛЬНЫЙ ГАЗ

Цель

Рассмотреть модель идеального газа. Изучить уравнение состояния идеального газа. Сформулировать закон Больцмана. Изучить закон распределение Максвелла. Дать определение понятию «степени свободы». Рассмотреть «классический закон распределения энергии по степеням свободы». Дать определение понятию «теплоемкость». Рассмотреть особенности теплопередачи в газах.

Типовые задания для выполнения практических

Пример. В баллоне объемом $V = 10$ л находится гелий под давлением $p_1 = 1$ МПа при температуре $T_1 = 300$ К. После того как из баллона был израсходован гелий массой $m = 10$ г, температура в баллоне понизилась до $T_2 = 290$ К. Определить давление p_2 гелия, оставшегося в баллоне.

Решение: Для решения задачи воспользуемся уравнением Клапейрона – Менделеева, применив его дважды к начальному и конечному состояниям газа. Для начального состояния уравнение имеет вид:

$$p_1 V = \frac{m_1}{M} R T_1 \quad (1)$$

а для конечного состояния:

$$p_2 V = \frac{m_2}{M} R T_2, \quad (2)$$

где m_1 и m_2 – массы гелия в начальном и конечном состояниях.

Выразим массы m_1 и m_2 гелия из уравнений (1) и (2):

$$m_1 = \frac{M p_1 V}{R T_1} \quad (3)$$

$$m_2 = \frac{M p_2 V}{R T_2} \quad (4)$$

Вычитая из (3) равенство (4), получим: $m = m_1 - m_2 = \frac{M p_1 V}{R T_1} - \frac{M p_2 V}{R T_2}$

Отсюда найдем искомое давление:

$$p_2 = \frac{R T_2}{M V} \left(\frac{M p_1 V}{R T_1} \right) = \frac{T_2}{T_1} p_1 - \frac{m}{M} \frac{R T_2}{V} \quad (5)$$

Проверим, дает ли правая часть формулы (5) единицу давления. Для этого выразим все величины, входящие в нее, в соответствующих единицах. Единица, в которой выражается первое слагаемое, не вызывает сомнений, так как отношение $\frac{T_2}{T_1}$ – величина безразмерная.

Убедившись в том, что правая часть полученной расчетной формулы дает единицу искомой величины – давления, можем подставить в (5) значения всех величин и произвести вычисления.

В формуле (5) все величины, кроме молярной массы M гелия, известны. Найдем ее Для гелия как одноатомного газа относительная молекулярная масса равна его относительной атомной массе A_r .

Из таблицы Д. И. Менделеева найдем $A_r = 4$. Следовательно, молярная масса гелия $M = A_r \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}} = 4 \cdot \frac{10^{-3} \text{кг}}{\text{моль}}$. Подставив значения величин в (5), получим:

$$p_2 = 364 \text{ кПа}$$

Задача 1. В цилиндр длиной $l=1,6$ м, заполненный воздухом при нормальном атмосферном давлении p_0 , начали медленно вдвигать поршень площадью $S = 200 \text{ см}^2$. Определить силу F , которая будет действовать на поршень, если его остановить на расстоянии $l_1 = 10$ см от дна цилиндра.

Задача 2. Колба вместимостью $V = 300 \text{ см}^3$, закрытая пробкой с краном, содержит разреженный воздух. Для измерения давления в колбе горлышко колбы погрузили в воду на незначительную глубину и открыли кран, в результате чего в колбу вошла вода массой $m = 292$ г. Определить первоначальное давление p в колбе, если атмосферное давление $p_0 = 100 \text{ кПа}$.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Запишите уравнение состояния идеальных газов. Дайте пояснение.
2. Дайте определение понятию «изопроцесс».
3. Какие изопроцессы вам известны? Перечислите
4. Запишите уравнение изотермического процесса. Дайте пояснение
5. Запишите уравнение изохорного процесса. Дайте пояснение
6. Запишите уравнение изобарического процесса. Дайте пояснение
7. Запишите уравнение изотермического процесса. Дайте пояснение
8. Является адиабатический процесс изопроцессом. Дайте пояснение.
9. Запишите уравнение адиабатического процесса. Дайте пояснение.
10. Дайте определение понятию «энтропия».
11. Дайте определение понятию «энтальпия»
12. Дайте определение понятию «парциальное давление»?
13. Запишите закон Дальтона. Дайте пояснение.

Задача 1. Полый шар вместимостью $V = 10 \text{ см}^3$ заполненный воздухом при температуре $T_1 = 573 \text{ К}$, соединили трубкой с чашкой, заполненной ртутью. Определить

массу m ртути, вошедшей в шар при остывании воздуха в нем до температуры $T_2 = 293$ К. Изменением вместимости шара пренебречь.

Задача 2. Температуре $T_1 = 273$ К. На сколько изменится подъемная сила шара при повышении температуры до $T_2 = 293$ К? Считать вместимость V оболочки неизменной и внешнее давление нормальным. В нижней части оболочки имеется отверстие, через которое водород может выходить в окружающее пространство.

ТЕМА 8. ЯВЛЕНИЯ ПЕРЕНОСА

Цель

Рассмотреть столкновение молекул друг с другом. Дать определение понятию сечение рассеяния. Изучить характеристики соударений. Дать определение понятию «диффузия». Дать определение понятию «теплопроводность». Дать определение понятию «вязкое

Типовые задания для выполнения практических

Пример. Два тонкостенных коаксиальных цилиндра длиной $l = 10$ см могут свободно вращаться вокруг их общей оси z . Радиус R большого цилиндра равен 5 см. Между цилиндрами имеется зазор размером $d = 2$ мм. Оба цилиндра находятся в воздухе при нормальных условиях. Внутренний цилиндр приводят во вращение с постоянной частотой $n_1 = 20$ с⁻¹. Внешний цилиндр заторможен. Определить, через какой промежуток времени с момента освобождения внешнего цилиндра он приобретет частоту вращения $n_2 = 1$ с⁻¹. При расчетах изменением относительной скорости цилиндров пренебречь. Масса m внешнего цилиндра равна 100 г.

Решение: При вращении внутреннего цилиндра слой воздуха увлекается им и начинает участвовать во вращательном движении. Вблизи поверхности этого цилиндра слой воздуха приобретает со временем практически такую же линейную скорость, как и скорость точек на поверхности цилиндра, т. е. $v = 2\pi n_1(R - d)$. Так как $d \ll R$, то приближенно можно считать

$$v \approx 2\pi n_1 R$$

(1)

Вследствие внутреннего трения момент импульса передается соседним слоям газа и в конечном счете внешнему цилиндру. За интервал времени Δt внешний цилиндр

Приобретает момент импульса $L = pR$, где p – импульс, полученный за Δt внешним цилиндром. Отсюда

$$p = L/R \quad (2)$$

С другой стороны:

$$p = \eta \frac{d\vartheta}{dz} S \Delta t \quad (3)$$

где η – динамическая вязкость; $\frac{d\vartheta}{dz}$ – градиент скорости; S – площадь поверхности цилиндра ($S = 2\pi Rl$).

Приравняв правые части выражений (2) и (3) и выразив из полученного равенства искомый интервал Δt , получим: $\Delta t = \frac{L}{\eta R \frac{d\vartheta}{dz} S}$.

Найдем входящие в эту формулу величины L , $\frac{d\vartheta}{dz}$ и S . Момент импульса $L = J\omega_2$, где J – момент инерции цилиндра ($J = mR^2$); m – его масса; ω_2 – угловая скорость внешнего цилиндра ($\omega_2 = 2\pi n_2$). С учетом этого запишем

$$L = mR^2 \cdot 2\pi n_2 = 2\pi m n_2 R^2$$

Градиент скорости $\frac{d\vartheta}{dz} = \frac{\vartheta}{z} = \frac{\vartheta}{d} \frac{dz}{dz} = \frac{\vartheta}{z} = \frac{\vartheta}{d}$. Площадь цилиндра равна $S = 2\pi Rl$.

Подставив в (4) выражения L , $\frac{d\vartheta}{dz}$ и S , получим:

$$\Delta t = \frac{m d n_2}{\eta \vartheta l} \quad (4)$$

Заменив здесь ϑ по (1), найдем

$$\Delta t = \frac{m d n_2}{2\pi \eta R l n_1} \quad (5)$$

Динамическая вязкость воздуха $\eta = 17,2 \text{ мкПа} \cdot \text{с} = 1,72 \cdot 10^{-5} \text{ Па} \cdot \text{с}$ (см. табл. 14).

Подставив в (5) значения входящих в нее величин и произведя вычисления, получим:

$$\Delta t = 18,5 \text{ с}$$

Задача 1. Определить зависимость динамической вязкости η от температуры T при следующих процессах: 1) изобарном; 2) изохорном. Изобразить эти зависимости на графиках.

Задача 2. Определить зависимость динамической вязкости η от давления p при следующих процессах: 1) изотермическом; 2) изохорном. Изобразить эти зависимости на графиках.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Запишите барометрическую формулу

2. Как определить коэффициент теплопроводности?
3. Сформулируйте закон Фика. Дайте пояснения
4. Что называют теплопроводностью?
5. Как определить импульс, переносимый молекулами из одного слоя газа в другой
6. Как определить коэффициент диффузии?
7. Сформулируйте закон Ньютона. Дайте пояснения
8. Что называют вязкостью?
9. Как определить среднее число соударений молекулы в единицу времени
10. Как определить динамическую вязкость газа?
11. Сформулируйте закон Фурье. Дайте пояснения
12. Что называют диффузией?

Задача 1. Два горизонтальных диска радиусами $R=20$ см расположены друг над другом так, что оси их совпадают. Расстояние d между плоскостями дисков равно $0,5$ см. Верхний диск неподвижен, нижний вращается относительно геометрической оси с частотой $n=10\text{ с}^{-1}$. Найти вращающий момент M , действующий на верхний диск. Динамическая вязкость η воздуха, в котором находятся диски, равна $17,2$ мкПа·с.

Задача 2. Определить зависимость динамической вязкости η от давления p при следующих процессах: 1) изотермическом; 2) изохорном. Изобразить эти зависимости на графиках.

ТЕМА 9. ОСНОВЫ ТЕРМОДИНАМИКИ

Цель

Дать определение понятию «внутренняя энергия». Изучить первое начало термодинамики. Рассмотреть применение первого начала термодинамики к изопроцессам. Рассмотреть микро- и макросостояния термодинамической системы. Дать определение понятию «термодинамическая вероятность» макроскопического состояния. Дать определение понятию «энтропия». Рассмотреть формула Больцмана. Изучить второе начало термодинамики и его статистический смысл. Изучить третье начало термодинамики.

Типовые задания для выполнения практических

Пример. Вычислить удельные теплоемкости неона и водорода при постоянных объеме (c_v) и давлении (c_p), принимая эти газы за идеальные.

Решение. Удельные теплоемкости идеальных газов выражаются формулами

$$c_v = \frac{i}{2} \frac{R}{M} \quad (1)$$

$$c_p = \frac{i+2}{2} \frac{R}{M}. \quad (2)$$

Для неона (одноатомный газ) $i_1 = 3$, $M_1 = 20 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

Подставив в формулы (1) и (2) значения i_1 , M_1 и R и произведя вычисления, найдем:

$$c_{v1} = 624 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}; c_{p1} = 1,04 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{К)}.$$

Для водорода (двухатомный газ) $i_2 = 5$, $M_2 = 2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

Вычисление по формулам (1) и (2) дает следующие значения удельных теплоемкостей водорода:

$$c_{v2} = 10,4 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{К)}; c_{p2} = 14,6 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{К)}.$$

Задача 1. В баллоне находятся аргон и азот. Определить удельную теплоемкость c_v смеси этих газов, если массовые доли аргона (ω_1) и азота (ω_2) одинаковы и равны $\omega=0,5$.

Задача 2. Водород занимает объем $V_1 = 10^3$ при давлении $p_1 = 100$ кПа. Газ нагрели при постоянном объеме до давления $p_2 = 300$ кПа. Определить: 1) изменение ΔU внутренней энергии газа; 2) количество теплоты Q , сообщенное газу.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Запишите первое начало термодинамики при изотермическом процессе. Дайте пояснения
2. Как связаны молярная и удельная теплоемкости?
3. Как определить работу, направленную на изменение объема? Дайте пояснения.
4. Запишите первое начало термодинамики при адиабатном процессе. Дайте пояснения.
5. Запишите формулу Больцмана. Дать определение понятию
6. Дайте определение понятию «молярная теплоемкость»?
7. Запишите уравнение Майера. В чем заключается его физический смысл. Дайте пояснение.
8. Как определить работу газа при изотермическом процессе?
9. Запишите первое начало термодинамики при изобарном процессе. Дайте пояснения

10. Как определить молярные теплоемкости при постоянном объеме и постоянном давлении?

11. Как определить внутреннюю энергию газа?

12. Запишите первое начало термодинамики. Дайте пояснение.

13. Как определить удельные теплоемкости при постоянном объеме и постоянном давлении?

14. Как определить работу газа при изобарном процессе?

15. Запишите уравнение Пуассона. Дайте пояснения.

16. Как определить термический КПД? Дайте пояснения

Задача 1. Разность удельных теплоемкостей c_v и c_p , некоторого двухатомного газа равна 260 Дж/(кг·К). Найти молярную массу M газа - его удельные теплоемкости c_v и c_p

Задача 2. При изохорном нагревании кислорода объемом $V = 50$ л давление газа изменилось на $\Delta p = 0,5$ МПа. Найти количество теплоты Q , сообщенное газу.

РАЗДЕЛ 3. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ

ТЕМА 11. ЭЛЕКТРОСТАТИКА

Цель

Дать определение понятию «электрический заряд». Сформулировать закон сохранения заряда. Сформулировать закон Кулона. Дать определение понятию «напряженность электрического поля». Сформулировать принцип суперпозиции. Дать определение понятию «электрический диполь». Рассмотреть поле диполя. Рассмотреть работу сил электростатического поля. Дать определение понятию «потенциал» и «разность потенциалов». Дать определение понятию «эквипотенциальные поверхности». Рассмотреть проводники и диэлектрики. Рассмотреть полярные и неполярные молекулы в электрическом поле. Дать определение понятию «поляризация диэлектриков». Рассмотреть пьезоэлектрический эффект. Рассмотреть сегнетоэлектрики и их свойства. Дать определение понятию «электрострикция». Рассмотреть проводники в электрическом поле. Дать определение понятию «емкость проводников». Изучить устройство конденсаторы. Рассмотреть типы соединений конденсаторов. Дать определение понятию «энергия электрического поля».

Типовые задания для выполнения практических

Пример. Положительные заряды $Q_1 = 3 \text{ мкКл}$ и $Q_2 = 20 \text{ нКл}$ находятся в вакууме на расстоянии $r_1 = 1,5 \text{ м}$ друг от друга. Определить работу A , которую надо совершить, чтобы сблизить заряды до расстояния $r_2 = 1 \text{ м}$.

Решение: Положим, что первый заряд Q_1 остается неподвижным, а второй Q_2 под действием внешних сил перемещается в поле, созданном зарядом Q_1 , приближаясь к нему с расстояния $r_1 = 1,5 \text{ м}$ до $r_2 = 1 \text{ м}$.

Работа A' внешней силы по перемещению заряда Q из одной точки поля с потенциалом φ_1 в другую, потенциал которой φ_2 , равна по модулю и противоположна по знаку работе A сил поля по перемещению заряда между теми же точками:

$$A' = -A.$$

Работа A сил поля по перемещению заряда $A = Q(\varphi_1 - \varphi_2)$. Тогда работа A' внешних сил может быть записана в виде

$$A' = -Q(\varphi_1 - \varphi_2) = Q(\varphi_2 - \varphi_1) \quad (1)$$

Потенциалы точек начала и конца пути выразятся формулами

$$\varphi_1 = \frac{Q_1}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r_1}; \varphi_2 = \frac{Q_2}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r_2}$$

Подставляя выражения φ_1 и φ_2 в формулу (1) и учитывая, что для данного случая переносимый заряд $Q = Q_2$, получим:

$$A' = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (2)$$

Если учесть, что $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ м/Ф}$, то после подстановки значений величин в формулу (2) и вычисления найдем

$$A' = 180 \text{ мкДж.}$$

Задача 1. Плоский воздушный конденсатор электроемкостью $C = 1,11 \text{ нФ}$ заряжен до разности потенциалов $U = 300 \text{ В}$. После отключения от источника тока расстояние между пластинами конденсатора было увеличено в пять раз. Определить: 1) разность потенциалов U на обкладках конденсатора после их раздвижения; 2) работу A' внешних сил по раздвижению пластин.

Задача 2. Перпендикулярно плечу диполя с электрическим моментом $p = 12 \text{ пКл} \cdot \text{м}$ возбуждено однородное электрическое поле напряженностью $E = 300 \text{ кВ/м}$. Под действием сил поля диполь начинает поворачиваться относительно оси, проходящей через его центр. Найти угловую скорость ω диполя в момент прохождения им положения равновесия. Момент инерции J диполя относительно оси, перпендикулярной плечу и проходящей через его центр, равен $2 \cdot 10^{-11} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Опыт Милликена. Элементарный электрический заряд.
2. Сформулируйте закон Кулона. Запишите формулу. Дайте пояснения.
3. Запишите закон сохранения заряда. Дайте пояснения.
4. Дайте определение понятию «Напряженность электрического поля». Дайте пояснение.
5. Как определить силу, действующую на точечный заряд Q , помещенный в электрическое поле. Запишите формулу. Дайте пояснение.
6. Дайте определение понятию «поток вектора напряженности E электрического поля». Запишите формулу. Дайте пояснение.

7. Сформулируйте теорему Остроградского – Гаусса. Запишите формулу. Дайте пояснение.
8. Сформулируйте принцип суперпозиции электрических полей.
9. Как определить напряженность поля, создаваемого бесконечно длинной равномерно заряженной нитью? Запишите формулу. Дайте пояснение.
10. Как определить напряженность электрического поля, создаваемого металлической сферой? Запишите формулу. Дайте пояснение.
11. Как определить напряженность электрического поля, создаваемого точечным зарядом? Запишите формулу. Дайте пояснение.
12. Дайте определение понятию «электрическое смещение»
13. Сформулируйте теорему о циркуляции вектора напряженности электрического поля. Запишите формулу. Дайте пояснение.
14. Дайте определение понятию «потенциал электрического поля»
15. Как определить энергию W взаимодействия системы точечных зарядов?
16. Запишите связь потенциала с напряженностью электрического поля.
17. Как определить работу, совершаемую электрическим полем при перемещении точечного заряда?
18. Дайте определение понятию «диполь». Запишите формулу. Дайте пояснение.
19. Дайте определение понятию «электрический момент диполя». Запишите формулу. Дайте пояснение.
20. Запишите уравнение Клаузиуса – Мосотти. Дайте пояснение.
21. Запишите формулу Лоренц-Лорентца. Дайте пояснение.
22. Запишите формулу Дебая – Ланжевена. Дайте пояснение.
23. Дайте определение понятию «Электрическая емкость».
24. Как определить электрическую емкость конденсатора? Запишите формулу. Дайте пояснение.
25. Как определить электрическую емкость конденсаторов, подключённых последовательно? Запишите формулу. Дайте пояснение.
26. Как определить электрическую емкость конденсаторов, подключённых параллельно? Запишите формулу. Дайте пояснение.
27. Как определить энергию заряженного проводника? Запишите формулу. Дайте пояснение.
28. Как определить энергию заряженного конденсатора? Запишите формулу. Дайте пояснение.

29. Как определить объемную плотность энергии? Запишите формулу. Дайте пояснение.

Задача 1. Два шарика массой $m = 0,1$ г каждый подвешены в одной точке на нитях длиной $L = 20$ см каждая. Получив одинаковый заряд, шарики разошлись так, что нити образовали между собой угол $\alpha = 60^\circ$. Найти заряд каждого шарика.

Задача 2. Прямой металлический стержень диаметром $d = 5$ см и длиной $l = 4$ м несет равномерно распределенный по его поверхности заряд $Q = 500$ нКл. Определить напряженность E поля в точке, находящейся против середины стержня на расстоянии $a = 1$ см от его поверхности.

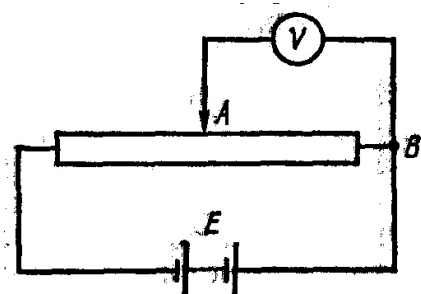
ТЕМА 12. ПОСТОЯННЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК

Цель

Дать определение понятию «электрический ток». Сформулировать закон Ома для участка цепи. Сформулировать закон Ома в дифференциальной форме. Рассмотреть сопротивление системы проводников при параллельном и последовательном соединениях. Дать определение понятию «сторонние силы». Сформулировать закон Ома для полной цепи. Сформулировать закон Джоуля-Ленца в интегральной и дифференциальной формах. Дать определение понятиям «работа электрического тока» и «мощность электрического тока».

Типовые задания для выполнения практических

Пример. Потенциометр с сопротивлением $R = 100$ Ом подключен к источнику тока, ЭДС ε которого равна 150 В и внутреннее сопротивление $r = 50$ Ом. Определить показание вольтметра с сопротивлением $R_v = 500$ Ом, соединенного проводником с одной из клемм потенциометра и подвижным контактом с серединой обмотки потенциометра. Какова разность



потенциалов между теми же точками потенциометра при отключенном вольтметре?

Решение: Показание U_1 вольтметра, подключенного к точкам A и B , определяется по формуле

$$U_1 = I_1 R_1 \quad (1)$$

где I_1 – сила тока в неразветвленной, части цепи; R_1 – сопротивление параллельно соединенных вольтметра и половины потенциометра.

Силу тока I_1 найдем по закону Ома для всей цепи:

$$I_1 = \frac{\varepsilon}{R+r} \quad (2)$$

где R – сопротивление внешней цепи.

Внешнее сопротивление R есть сумма двух сопротивлений:

$$R = R/2 + R_1. \quad (3)$$

Сопротивление R_1 параллельного соединения может быть найдено по формуле $\frac{1}{R_1} = \frac{1}{R_B} + \frac{1}{R/2}$ откуда

$$R_1 = \frac{RR_B}{R + 2R_B}$$

Подставив в эту формулу числовые значения величин и произведя вычисления, найдем

$$R_1 = 45,5 \text{ Ом.}$$

Подставив в выражение (2) правую часть равенства (3), определим силу тока:

$$I = \frac{\varepsilon}{\frac{R}{2} + R_1 + r} = 1,03 \text{ А}$$

Если подставить значения I_1 и R_1 в формулу (1), то найдем показание вольтметра:
 $U_1 = 46,9 \text{ В.}$

Разность потенциалов между точками A и B при отключенном вольтметре равна произведению силы тока I_2 на половину сопротивления потенциометра, т. е. $U_2 = \frac{I_2}{R_2}$ или

$$U_2 = \frac{\varepsilon}{R+r} \frac{R}{2}$$

Подставив сюда значения величин ε , r и R получим

$$U_2 = 50 \text{ В.}$$

Задача 1. Две группы из трех последовательно соединенных элементов соединены параллельно. ЭДС ε каждого элемента равна 1,2 В, внутреннее сопротивление $r = 0,2$ Ом. Полученная батарея замкнута на внешнее сопротивление $R = 1,5$ Ом. Найти силу тока I во внешней цепи.

Задача 2. Имеется N одинаковых гальванических элементов с ЭДС ε и внутренним сопротивлением r_1 каждый. Из этих элементов требуется собрать батарею, состоящую из нескольких параллельно соединенных групп, содержащих по n последовательно соединенных элементов. При каком значении n сила тока I во внешней цепи, имеющей сопротивление R , будет максимальной? Чему будет равно внутреннее сопротивление R_1 батареи при этом значении n ?

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Как определить силу постоянного тока?
2. Как определить сопротивление однородного проводника?
3. Как определить сопротивление соединения проводников при последовательном и параллельном подключении?
4. Запишите закон Ома для неоднородного участка цепи. Дайте пояснение
5. Первое правило Кирхгофа
6. Как определить мощность тока?
7. Сформулируйте закон Джоуля-Ленца
8. Закон Ома в дифференциальной форме
9. Что называют плотностью электрического тока. Дайте пояснение
10. Что называют проводимостью? Удельной проводимостью? Дайте пояснение
- 11.
12. Запишите закон Ома для однородного участка цепи. Дайте пояснение
13. Второе правило Кирхгофа
14. Как вычислить работу электростатического поля по перемещению заряда. Дайте пояснение.
15. Сформулируйте закон Джоуля-Ленца
16. Закон Джоуля – Ленца в дифференциальной форме

Задача 1. ЭДС ε батареи равна 20 В. Сопротивление R внешней цепи равно 2 Ом, сила тока $I=4$ А. Найти КПД батареи. При каком значении внешнего сопротивления R КПД будет равен 99%?

Задача 2. К зажимам батареи аккумуляторов присоединен нагреватель. ЭДС ε батареи равна 24 В. Внутреннее сопротивление $r=1$ Ом. Нагреватель, включенный в цепь, потребляет мощность $P=80$ Вт. Вычислить силу тока I в цепи и КПД η нагревателя.

ТЕМА 13. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ

Цель

Рассмотреть классическую теорию электропроводности металлов. Рассмотреть особенности электропроводности жидкостей. Рассмотреть особенности электропроводности газов и плазмы. Рассмотреть ток в вакууме. Рассмотреть особенности электропроводимости полупроводников.

Типовые задания для выполнения практических

Пример. В цепь источника постоянного тока с ЭДС $\varepsilon = 6$ В включен резистор сопротивлением $R = 80$ Ом. Определить: 1) плотность тока в соединительных проводах площадью поперечного сечения $S = 2$ мм²; 2) число N электронов, проходящих через сечение проводов за время $t = 1$ с. Сопротивлением источника тока и соединительных проводов пренебречь.

Решение: 1. Плотность тока по определению есть отношение силы тока I к площади поперечного сечения провода:

$$j = I/S. \quad (1)$$

Силу тока в этой формуле выразим по закону Ома:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + R_1 + r_1} \quad (2)$$

где R – сопротивление резистора; R_1 – сопротивление соединительных проводов; r_1 – внутреннее сопротивление источника тока.

Пренебрегая сопротивлениями R_1 и r из (2), получим

$$I = \varepsilon/R.$$

Подставив это выражение силы тока в (1), найдем

$$j = \varepsilon/(RS).$$

Произведя вычисления по этой формуле, получим $j = 3.75 \cdot 10^4$ А/м

2. Число электронов, проходящих за время t через поперечное сечение, найдем, разделив заряд Q , протекающий за это время через сечение, на элементарный заряд:

$$N = Q/e,$$

или с учетом того, что $Q = It$ и $I = \varepsilon/R$,

$$N = \frac{\varepsilon t}{Re}$$

Подставим сюда числовые значения величин и вычислим (элементарный заряд возьмем из табл. 24: $e = 1,60 \cdot 10^{-19}$ Кл):

$$N = 4,69 \cdot 10^{17} \text{ электронов.}$$

Задача 1. Определить среднюю скорость $\langle v \rangle$ упорядоченного движения электронов в медном проводнике при силе тока 10 А и сечении S проводника, равном 1 мм². Принять, что на каждый атом меди приходится два электрона проводимости.

Задача 2. Плотность тока j в алюминиевом проводе равна 1 А/мм². Найти среднюю скорость $\langle v \rangle$ упорядоченного движения электронов предполагая, что число свободных электронов в 1 см³ алюминия равно числу атомов.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Дайте определение понятию «плотность тока». Запишите формулу. Дайте пояснения.
2. Сформулируйте закон Ома. Запишите закон Ома в дифференциальной форме. Дайте пояснения.
3. Сформулируйте закон Джоуля–Ленца. Запишите закон Джоуля–Ленца в дифференциальной форме. Дайте пояснения.
4. Дайте определение понятию «удельная электрическая проводимость». Запишите формулу и дайте пояснение.
5. Сформулируйте закон Видемана–Франца. Запишите формулу и дайте пояснения.
6. Дайте определение понятию «термо-ЭДС». Как его определить? В каких приборах применяется эффект возникновения термо-ЭДС?
7. Сформулируйте первый закон электролиза Фарадея. Запишите формулу и дайте пояснения.
8. Сформулируйте второй Закон Электролиза Фарадея. Запишите формулу и дайте пояснения.
9. Сформулируйте объединенный закон электролиза Фарадея. Запишите формулу и дайте пояснения.
10. Запишите закон Ома в дифференциальной форме для электролитов. Дайте пояснения.
11. Дайте определение понятию «подвижность ионов». Запишите формулу и дайте пояснения.
12. Дайте определение понятию «ток насыщения» и «плотность тока насыщения». Запишите формулу и дайте пояснения.

Задача 1. Электролитическая ванна с раствором медного купороса присоединена к батарее аккумуляторов с ЭДС $E = 4$ В и внутренним сопротивлением $r = 0,1$ Ом. Определить массу m меди, выделившейся при электролизе за время $t = 10$ мин, если ЭДС поляризации $E_n = 1,5$ В и сопротивление R раствора равно $0,5$ Ом. Медь двухвалентна.

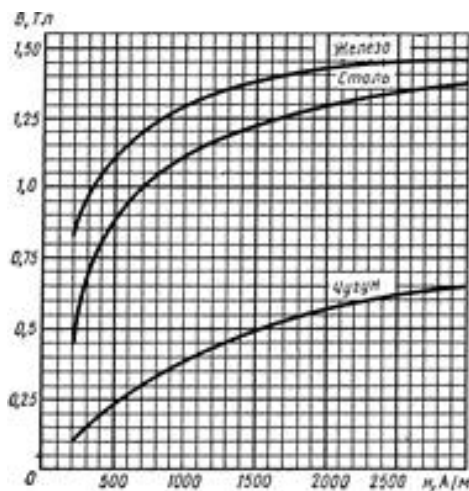
Задача 2. Определить количество вещества ν и число атомов N двухвалентного металла, отложившегося на катоде электролитической ванны, если через раствор в течение времени $t = 5$ мин шел ток силой $I = 2$ А.

ТЕМА 14. ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

Цель

Сформулировать закон Ампера. Дать определение понятию «индукция магнитного поля». Рассмотреть контур с током в магнитном поле. Дать определение понятию «магнитный поток». Сформулировать закон Био-Савара-Лапласа. Дать определение понятию «напряженность магнитного поля». Сформулировать закон полного тока. Дать определение понятию «сила Лоренца». Рассмотреть устройство и принцип работы масс-спектрометров. Рассмотреть устройство и принцип работы ускорителей заряженных частиц. Рассмотреть особенности движения заряженных частиц в магнитном поле. Дать определение понятию «магнитогидродинамический эффект» и «эффект Холла».

Типовые задания для выполнения практических



закон полного тока запишем

Пример. Чугунное кольцо имеет воздушный зазор длиной $l_0 = 5$ мм. Длина l средней линии кольца равна 1 м. Сколько витков N содержит обмотка на кольце, если при силе тока $I = 4$ А индукция B магнитного поля в воздушном зазоре равна $0,5$ Тл? Рассеянием магнитного потока в воздушном зазоре можно пренебречь. Явление гистерезиса не учитывать.

Решение: Пренебрегая рассеянием магнитного потока, мы можем принять, что индукция поля в воздушном зазоре равна индукции поля в чугуне. На основании

$$IN = Hl + H_0I_0.$$

По графику находим, что при $B = 0,5$ Тл напряженность H магнитного поля в чугуна равна $1,2$ кА/м. Так как для воздуха $\mu = 1$, то напряженность поля в воздушном зазоре

$$H_0 = B\mu_0 = 0,4 \text{ МА/м.}$$

Искомое число витков:

$$N = \frac{l + H_0I_0}{I} = 800.$$

Задача 1. Определить силу Лоренца F , действующую на электрон, влетевший со скоростью $v = 4$ мм/с в однородное магнитное поле под углом $\alpha = 30^\circ$ к линиям индукции. Магнитная индукция B поля равна $0,2$ Тл.

Задача 2. По кольцу радиусом R течет ток. На оси кольца на расстоянии $d = 1$ м от его плоскости магнитная индукция $B = 10$ нТл. Определить магнитный момент p_m кольца с током. Считать R много меньшим d .

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Сформулируйте закон Ампера. Запишите формулу. Дайте пояснение.
2. Дайте определение понятию «индукция магнитного поля».
3. Как определить магнитный поток? Запишите формулу. Дайте определение
4. Сформулируйте закон Био-Савара-Лапласа. Запишите формулу. Дайте пояснение.
5. Как определить напряженность магнитного поля? Запишите формулу. Дайте пояснение.
6. Сформулировать закон полного тока. Запишите формулу. Дайте пояснение.
7. Как определить магнитный момент контура с током? Запишите формулу. Дайте пояснение.
8. Как определить сила Лоренца? Запишите формулу. Дайте пояснение.
9. Сформулировать теорему о циркуляции вектора магнитной индукции. Запишите формулу. Дайте пояснение.
10. Как определить магнитный поток через плоский контур? Запишите формулу. Дайте пояснение.
11. Дайте определение понятию «потокосцепление». Запишите формулу. Дайте пояснение.
12. Магнитная проницаемость – это... Запишите формулу. Дайте пояснение.
13. Магнитное сопротивление – это... Запишите формулу. Дайте пояснение.
14. Опишите устройство и принцип работы масс-спектрометров.
15. Опишите устройство и принцип работы ускорителей заряженных частиц.

16. В чем заключаются особенности движения заряженных частиц в магнитном поле.
17. Магнитогидродинамический эффект – это... Запишите формулу. Дайте пояснение.
18. Эффект Холла – это Запишите формулу. Дайте пояснение.

Задача 1. Электрон в невозбужденном атоме водорода движется вокруг ядра по окружности радиусом $r = 53$ пм. Вычислить силу эквивалентного кругового тока I и напряженность H поля в центре окружности.

Задача 2. На расстоянии $r = 10$ нм от траектории прямолинейно движущегося электрона максимальное значение магнитной индукции $B_{max} = 160$ мкТл. Определить скорость v электрона.

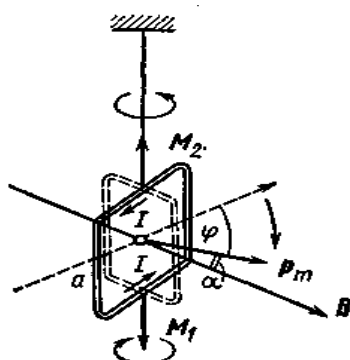
ТЕМА 15. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ

Цель

Дать определение понятию «плотность энергии магнитного поля». Дать определение понятию «индуктивность». Рассмотреть явление взаимной индукции. Дать определение понятию «магнитная энергия» контура с током. Рассмотреть явление ЭДС индукции и индукционный ток. Рассмотреть возможности применения закона Фарадея. Дать определение понятию «работа силы Ампера».

Типовые задания для выполнения практических

Пример. Квадратная рамка со стороной длиной $a = 2$ см, содержащая $N = 100$ витков тонкого провода, подвешена на упругой нити, постоянная кручения C которой равна 10 мкН·м/град. Плоскость рамки совпадает с направлением линии индукции внешнего магнитного поля. Определить индукцию внешнего магнитного поля, если при пропускании по рамке тока $I = 1$ А она повернулась на угол $\alpha = 60^\circ$.



Решение: Индукция B внешнего поля может быть найдена из условия равновесия рамки в поле. Рамка будет находиться в

равновесии, если сумма механических моментов, действующих на нее, будет равна нулю:

$$\sum M = 0$$

В данном случае на рамку действуют два момента: $\vec{M}_1$ – момент сил, с которым внешнее магнитное поле действует на рамку с током, и $\vec{M}_2$ – момент упругих сил, возникающих при закручивании нити, на которой рамка подвешена. Следовательно, формула (1) может быть переписана в виде

$$\vec{M}_1 + \vec{M}_2 = 0 \quad (1)$$

Выразив M_1 и M_2 в этом равенстве через величины, от которых зависят моменты сил, получим:

$$p_m B \sin \alpha - C\varphi = 0 \quad (2)$$

Знак минус перед моментом M_2 ставится потому, что этот момент противоположен по направлению моменту M_1

Если учесть, что $p_m = ISN = Ia^2N$, где I – сила тока в рамке; $S = a^2$ – площадь рамки; N – число ее витков, равенство (2) перепишем в виде:

$$NIa^2B \sin \alpha - C\varphi = 0$$

откуда:

$$B = \frac{C\varphi}{NIa^2 \sin \varphi} \quad (3)$$

Из очевидно, что $\alpha = \frac{\pi}{2} - \varphi$, значит, $\sin \alpha = \cos \varphi$. С учетом этого равенство (3) примет вид

$$B = \frac{C\varphi}{NIa^2 \cos \varphi} \quad (4)$$

Значение постоянной кручения C , рассчитанной на градус (а не радиан, как это следовало бы выразить в СИ), запишем в виде

$$C = 10 \cdot 10^{-6} \text{ Н} \cdot \text{м/град}, \quad C = 10 \cdot 10^{-6} \text{ Н} \cdot \text{м/град}$$

так как значение угла φ также дано в градусах.

Подставим данные в формулу (4) и произведем вычисления:

$$B = 0,03 \text{ Тл} = 30 \text{ мТл}$$

Задача 1. Длинный прямой соленоид из проволоки диаметром $d = 0,5$ мм намотан так, что витки плотно прилегают друг к другу. Какова напряженность H магнитного поля внутри соленоида при силе тока $I = 4$ А? Толщиной изоляции пренебечь.

Задача 2. Прямой провод длиной $l=10$ см, по которому течет ток $I=20$ А, находится в однородном магнитном поле с индукцией $B=0,01$ Тл. Найти угол α между направлениями вектора $\vec{B}$ и тока, если на провод действует сила $\vec{F} = 10$ мН.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Плотность энергии магнитного поля – это... Запишите формулу. Дайте пояснения.
2. Индуктивность – это... Запишите формулу. Дайте пояснения.
3. Взаимная индукция – это.... Запишите формулу. Дайте пояснения.
4. Магнитная энергия контура с током – это... Запишите формулу. Дайте пояснения.
5. ЭДС индукции – это... Запишите формулу. Дайте пояснения.
6. Индукционный ток – это... Запишите формулу. Дайте пояснения.
7. Сформулируйте закона Фарадея. Запишите формулу. Дайте пояснения.
8. Сила Ампера – это... Запишите формулу. Дайте пояснения.
9. Работа силы Ампера – это... Запишите формулу. Дайте пояснения

Задача 1. Электрон в атоме водорода движется вокруг ядра по круговой орбите некоторого радиуса. Найти отношение магнитного момента p_m эквивалентного кругового тока к моменту импульса L орбитального движения электрона. Заряд электрона и его массу считать известными. Указать направления векторов $\vec{p}_m$ и $\vec{L}$.

Задача 2. Магнитное поле создано бесконечно длинным проводником с током $I = 100$ А. На расстоянии $a=10$ см от проводника находите точечный диполь, вектор магнитного момента ($p_m 1 \text{ мА} \cdot \text{м}^2$) которого лежит в одной плоскости с проводником и перпендикулярен ему. Определить силу F , действующую на магнитный диполь.

ТЕМА 16. МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ВЕЩЕСТВА

Цель

Рассмотреть магнитное поле в веществе. Дать определение понятию «магнитная проницаемость». Рассмотреть элементарная теорию диамагнетизма. Рассмотреть элементарную теорию парамагнетизма. Рассмотреть природу ферромагнетизма.

Типовые задания для выполнения практических

Пример. Молекула NO имеет магнитный момент $M_l = 1,8 \mu_B$. Определить удельную парамагнитную восприимчивость $\chi_{уд}$ газообразного оксида азота при нормальных условиях.

Решение. По теории Ланжевена, магнитная восприимчивость парамагнитного вещества определяется выражением

$$\chi = \mu_0 \frac{n M_j}{3kT} \quad (1)$$

где μ_0 – магнитная постоянная ($\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м); n – концентрация молекул (число молекул в единице объема); M_j – магнитный момент атома; k – постоянная Больцмана; T – термодинамическая температура.

Удельная магнитная восприимчивость $\chi_{уд}$ связана с магнитной восприимчивостью χ соотношением

$$\chi_{уд} = \frac{\chi}{\rho}$$

Заменив в этом выражении χ согласно (1), получим

$$\chi_{уд} = \mu_0 \frac{M_l^2 n}{3kT \rho}.$$

Заметим, что концентрацию молекул и плотность газа можно выразить следующим образом:

$$n = N_A/V_m \text{ и } \rho = M/V_m$$

где N_A – постоянная Авогадро; M – молярная масса; V_m – молярный объем.

$$\text{Тогда } n/p = N_A/M \text{ и } \chi_{уд} = \mu_0 \frac{M_l^2 N_A}{3kTM}.$$

Произведем вычисления (учтем, что $1 \mu_B = 9,27 \cdot 10^{-24} \text{ А} \cdot \text{м}^2$ и $M = 30 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$)

Задача 1. Магнитная восприимчивость χ алюминия равна $2,1 \cdot 10^{-5}$. Определить его удельную магнитную $\chi_{уд}$ и молярную χ_m восприимчивости.

Задача 2. Определить наибольшее значение величины a , при котором погрешность, вызванная заменой точного выражения функции Ланжевена приближенным $L(a) \approx a/3$, не превышает 1 %.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Сколько типов магнетиков существует? Перечислите и дайте пояснения каждому из них
2. Намагниченность – это... Запишите формулу. Дайте пояснение
3. Магнитная восприимчивость – это... Запишите формулу. Дайте пояснение
4. Магнетон Бора – это.... Дайте пояснение
5. Запишите связь магнитной индукции, напряженности магнитного поля и намагниченности.
6. Функция Ланжевена – это... Запишите формулу. Дайте пояснение
7. Как определить магнитную восприимчивость парамагнетиков? Запишите формулу. Дайте пояснение

Задача 1. Вычислить среднее число $\langle n \rangle$ магнетонов Бора, приходящихся на один атом железа, если при насыщении намагниченность железа равна 1,84 МА/м.

Задача 2. На один атом железа в незаполненной 3 d -оболочке приходится четыре неспаренных электрона. Определить теоретическое значение намагниченности $J_{нас}$ железа при насыщении.

ТЕМА 18. ТЕОРИЯ МАКСВЕЛЛА И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ

Цель

Дать определение понятию «ток смещения». Рассмотреть уравнения Максвелла и границы их применимости. Рассмотреть волновое уравнение электромагнитной волны. Изучить принцип работы «дипольных излучателей». Рассмотреть излучение волн движущимися зарядами. Рассмотреть скорость распространения электромагнитных волн в средах. Дать определение понятию «вектор Пойнтинга».

Типовые задания для выполнения практических

Пример. При переходе электромагнитной волны из немагнитной среды с диэлектрической проницаемостью в вакуум длина волны увеличилась на $\Delta\lambda = 48,8$ м. Определить частоты колебаний.

Решение: При переходе электромагнитной волны из одной среды в другую частота колебаний не изменяется. Приращение длины волны

$$\Delta\lambda = \lambda_0 - \lambda.$$

Где $\lambda_0 = \frac{c}{\nu}$ – длина волны в вакууме, а $\lambda = \frac{v}{\nu}$ – длина волны в среде

Скорость распространения электромагнитных волн в среде:

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon\mu}} = \frac{c}{\sqrt{\epsilon}}$$

Т.к. среда немагнитная: $\mu = 1$

Из выше написанного следует, что:

$$\nu = \frac{c}{\Delta\lambda} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{\epsilon}}\right) = 2 \text{ МГц}$$

Задача 1. Определить среднюю энергию, переносимую электромагнитной волной через поверхность, площадь которой $S = 1,5 \text{ см}^2$ за время $t = 5 \text{ с}$, если поверхностная плотность потока излучения (интенсивность излучения) I в вакууме, если средняя объемная плотность энергии электромагнитной волны равна $3 \cdot 10^{-10} \text{ Дж/м}^3$

Задача 2. В Вакууме вдоль оси x распространяется плоская электромагнитная волна. Определить амплитуду E_m напряженности электрического поля электромагнитной волны, если амплитуда B_m индукции магнитного поля равна 40 нТл

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Ток смещения – это...
2. . Запишите уравнения Максвелла в дифференциальной и интегральной форме. Дайте пояснения.
3. Запишите материальное уравнения. Дайте пояснение.
4. Запишите волновое уравнение электромагнитной волны.
5. В чем заключается принцип работы «дипольных излучателей».
6. Вектор Пойнтинга – это... Дайте пояснение

Задача 1. Амплитуда напряженности E_m электрического поля электромагнитной волны в вакууме равна 10 В/м . Определить поверхностную плотность I потока излучения

Задача 2. Определить скорость распространения электромагнитных волн в немагнитной среде с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 2,2$

РАЗДЕЛ 4. ОПТИКА

ТЕМА 19. ЗАКОНЫ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИКИ.

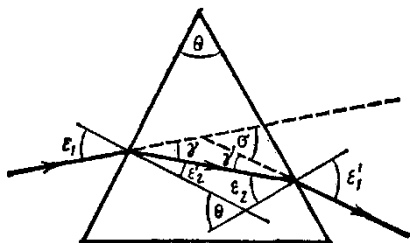
Цель

Дать определение понятию «световые лучи». Сформулировать законы лучевой оптики. Рассмотреть изображения, получаемые с помощью линз. Рассмотреть недостатки линз. Рассмотреть оптическая система глаза.

Типовые задания для выполнения практических

Пример. На стеклянную призму с преломляющим углом $\theta = 50^\circ$ падает под углом $\varepsilon = 30^\circ$ луч света. Определить угол отклонения σ луча призмой, если показатель преломления n стекла равен 1,56.

Решение. Данную задачу целесообразно решать не в общем виде, как принято, а



пооперационно, производя все промежуточные вычисления. В этом случае мы несколько проигрываем в точности расчетов, но выигрываем в наглядности и простоте вычислений. Из рисунка видно, что угол отклонения

$$\sigma = \gamma + \gamma' \quad (1)$$

углы γ и γ' просто выражаются через углы $\varepsilon_1', \varepsilon_1, \varepsilon_2', \varepsilon_2$, которые последовательно и будем вычислять:

1) из закона преломления $n = \frac{\sin \varepsilon_1}{\sin \varepsilon_2}$ имеем

$$\varepsilon_2 = \arcsin\left(\frac{\sin \varepsilon_1}{n}\right) = 18,7^\circ$$

2) из рисунка, следует, что угол падения ε_2 на вторую грань призмы равен

$$\varepsilon_2 = \theta - \varepsilon_1' = 31,3^\circ. \quad \varepsilon_2 = \theta - \varepsilon_1' = 31,3^\circ,$$

Угол ε_2 меньше предельного $\varepsilon_{2\text{пред}} = \arcsin\left(\frac{1}{n}\right) = 39,9^\circ$ потому на второй грани луч преломится и выйдет из призмы;

3) так как $\frac{\sin \varepsilon_2}{\sin \varepsilon_1} = \frac{1}{n}$, то $\varepsilon'_1 = \arcsin(n \sin \varepsilon_2) = 54,1^\circ$

Теперь найдем углы γ и γ' :

$$\gamma = \varepsilon_1 - \varepsilon'_2 = 11,3^\circ, \text{ и}$$

$$\gamma' = \varepsilon'_1 - \varepsilon_2 = 22,8^\circ,$$

По формуле (1) находим $\sigma = \gamma + \gamma' = 34,1^\circ$

Задача 1. Два плоских прямоугольных зеркала образуют двугранный угол $\varphi=179^\circ$. На расстоянии $l=10$ см от линии соприкосновения зеркал и на одинаковом расстоянии от каждого зеркала находится точечный источник света. Определить расстояние d между мнимыми изображениями источника в зеркалах.

Задача 2. Вогнутое сферическое зеркало дает на экране изображение предмета, увеличенное в $\Gamma=4$ раза. Расстояние a от предмета до зеркала равно 25 см. Определить радиус R кривизны зеркала.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Какие виды изображений бывают?
2. Какие виды линз бывают?
3. Что называют фокусным расстоянием?
4. Как определить фокусное расстояние сферического зеркала? Дайте пояснение к формуле.
5. Что называют оптической силой?
6. Как определить оптическую силу сферического зеркала? Дайте пояснение к формуле.
7. Сформулируйте закон преломления света. Дайте пояснение.
8. Что называют предельным углом полного отражения?
9. Как определить предельный угол полного отражения? Дайте пояснение к формуле.
10. Что называют оптической силой тонкой линзы?
11. Как определить оптическую силу тонкой линзы? Дайте пояснение к формуле.
12. Как рассчитать оптическую силу двух тонких линз?
13. Запишите формулу тонкой линзы. Дайте пояснение к формуле.
14. Что называют угловым увеличением?
15. Как определить угловое увеличение лупы? Дайте пояснение к формуле.
16. Как определить угловое увеличение телескопа? Дайте пояснение к формуле.
17. Как определить угловое увеличение микроскопа? Дайте пояснение к формуле.

18. Перечислите законы геометрической оптики
19. Сформулируйте закон прямолинейного распространения света. Дайте пояснение
20. Сформулируйте закон независимого распространения лучей. Дайте пояснение
21. Сформулируйте закон преломления света. Дайте пояснение
22. Сформулируйте закон отражения света. Дайте пояснение.

Задача 1. Двояковыпуклая линза имеет одинаковые радиусы кривизны поверхностей. При каком радиусе кривизны R поверхностей линзы главное фокусное расстояние f ее будет равно 20 см?

Задача 2. Преломляющий угол θ призмы равен 60° . Угол наименьшего отклонения луча от первоначального направления $\sigma = 30^\circ$. Определить показатель преломления n стекла, из которого изготовлена призма.

ТЕМА 21. ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ СВЕТА

Цель

Изучить спектр электромагнитных волн. Рассмотреть фотометрические величины. Сформулировать принцип Гюйгенса. Сформулировать принцип Ферма. Рассмотреть основы электромагнитной оптики. Изучить формулы Френеля.

Типовые задания для выполнения практических

Пример. Люминесцентная цилиндрическая лампа диаметром $d = 2,5$ см и длиной $l = 40$ см создает на расстоянии $r = 5$ м в направлении, перпендикулярном оси лампы, освещенность $E_v = 2$ лк. Принимая лампу за косинусный излучатель, определить; 1) силу света I в данном направлении; 2) яркость L ; 3) светимость M лампы.

Решение. 1. Большой из двух размеров лампы – длина – в 12 раз меньше расстояния, на котором измерена освещенность.

Следовательно, для вычисления силы света в данном направлении можно принять лампу за точечный источник и применить формулу $E = \frac{I}{r^2}$, откуда $I = Er^2$

Подставив значения величин в эту формулу и произведя вычисления, получим

$$I = 25 \text{ кд.}$$

2. Для вычисления яркости применим формулу

$$L = I/\sigma,$$

где σ – площадь проекции протяженного источника света на плоскость, перпендикулярную направлению наблюдения.

В случае цилиндрической люминесцентной лампы проекция имеет форму прямоугольника длиной l и шириной d . Следовательно,

$$L = I/(ld).$$

Произведя вычисления по этой формуле, найдем

$$L = 2,5 \text{ ккд/м}^2.$$

3. Так как люминесцентную лампу можно считать косинусным излучателем, то ее светимость

$$M = \pi L = 7,9 \text{ клк.}$$

Задача 1. Какую силу тока I покажет гальванометр, присоединенный к селеновому фотоэлементу, если на расстоянии $r = 75$ см от него поместить лампочку, полный световой поток Φ_0 которой равен 1,2 клм? Площадь рабочей поверхности фотоэлемента равна 10 см^2 , чувствительность $i = 300 \text{ мкА/лм}$.

Задача 2. На какой высоте h над центром круглого стола радиусом $r = 1$ м нужно повесить лампочку, чтобы освещенность на краю стола была максимальной?

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Спектр электромагнитных волн – это...
2. Перечислите типы электромагнитного излучения и их краткие характеристики (диапазон длин волн и источники)
3. Перечислите основные характеристики электромагнитного излучения. Дайте пояснение
4. Сформулируйте принцип Гюйгенса
5. Сформулируйте принцип Ферма
6. Световой поток – это...
7. Освещенность поверхности – это
8. Яркость свящейся поверхности – это
9. Светимость – это

Задача 1. При печатании фотоснимка негатив освещался в течение $t_1 = 3$ с лампочкой силой света $I_1 = 15$ кд с расстояния $r_1 = 50$ см. Определить время t_2 , в течение которого нужно освещать негатив лампочкой силой света $I_2 = 60$ кд с расстояния $r_2 = 2$ м, чтобы получить отпечаток с такой же степенью почернения, как и в первом случае?

Задача 2. Какую силу тока I покажет гальванометр, присоединенный к селеновому фотоэлементу, если на расстоянии $r = 75$ см от него поместить лампочку, полный световой поток Φ_0 которой равен 1,2 клм? Площадь рабочей поверхности

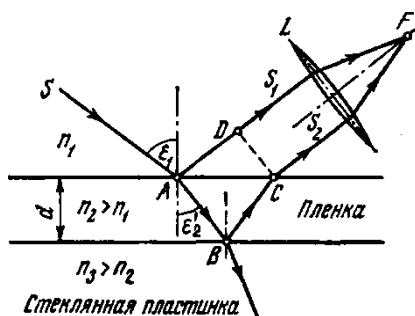
ТЕМА 22. ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА

Цель

Рассмотреть условия наблюдения интерференционной картины. Дать определение понятию «когерентность». Рассмотреть интерференция в тонких пленках. Рассмотреть просветление оптики.

Типовые задания для выполнения практических

Пример. На толстую стеклянную пластинку, покрытую очень тонкой пленкой, показатель преломления n_2 вещества которой равен 1,4, падает нормально параллельный пучок монохроматического света ($\lambda = 0,6$ мкм). Отраженный свет максимально ослаблен вследствие интерференции. Определить толщину d пленки.



Решение: Из световой волны, падающей на пленку, выделим узкий пучок SA. Ход этого пучка в случае, когда угол падения $\varepsilon_1 \neq 0$, показан на рисунке. В точках A и B падающий пучок частично отражается и частично преломляется. Отраженные пучки света AS_1 и BCS_1 падают на собирающую линзу L, пересекаются в ее фокусе F и интерferируют между собой.

Так как показатель преломления воздуха ($n_1 = 1,00029$) меньше показателя преломления вещества пленки $n_2 = 1,4$, который, в свою очередь, меньше показателя преломления стекла ($n_3 = 1,5$), то в обоих случаях отражение происходит от среды оптически более плотной, чем та среда, в которой идет падающая волна. Поэтому фаза

колебания пучка света AS_1 при отражении в точке A изменяется на π рад и точно так же на π рад изменяется фаза колебаний пучка света BCS_2 при отражении в точке B . Следовательно, результат интерференции этих пучков света при пересечении в фокусе F линзы будет такой же, как если бы никакого изменения фазы колебаний ни у того, ни у другого пучка не было.

Как известно, условие максимального ослабления света при интерференции в тонких пленках состоит в том, что оптическая разность хода Δ интерферирующих волн должна быть равна нечетному числу полуволн; $\Delta = (2k + 1)(\lambda/2)$.

Как видно из рисунка, оптическая разность хода

$$\Delta = l_2 n_2 - l_1 n_1 = (|AB| + |BC|)n_2 - |AD|n_1$$

Следовательно, условие минимума интенсивности света примет вид

$$(|AB| + |BC|)n_2 - |AD|n_1 = (2k + 1)(\lambda/2).$$

Если угол падения ε_1 будет уменьшаться, стремясь к нулю, то $AD \rightarrow 0$ и $(|AB| + |BC| \rightarrow 2d$, где d – толщина пленки. В пределе при $\varepsilon_1 = 0$ будем иметь $\Delta = 2dn_2 = (2k + 1)(\lambda/2)$

откуда искомая толщина пленки

$$d = \frac{(2k+1)\lambda}{4n}.$$

Полагая $k = 0, 1, 2, 3, \dots$, получим ряд возможных значений толщины пленки:

$$d_0 = \frac{\lambda}{4n_2} = 0,11 \text{ мкм}, d_1 = \frac{3\lambda}{4n_2} = 3d_0 = 0,33 \text{ мкм} \text{ и т.д.}$$

Задача 1. На тонкий стеклянный клин ($n = 1,55$) падает нормально монохроматический свет. Двугранный угол α между поверхностями клина равен $2'$. Определить длину световой волны λ , если расстояние b между смежными интерференционными максимумами в отраженном свете равно $0,3 \text{ мм}$.

Задача 2. На экране наблюдается интерференционная картина от двух когерентных источников света с длиной волны $\lambda = 480 \text{ нм}$. Когда на пути одного из пучков поместили тонкую пластинку из плавленого кварца с показателем преломления $n = 1,46$, то интерференционная картина сместилась на $m = 69$ полос. Определить толщину d кварцевой пластинки.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Каковы основные положения и выводы корпускулярной и волновой теорий света?
2. Почему возникло представление о двойственной корпускулярно-

волновой природе света?

3. В чем заключается основная идея теории Планка?

Задача 1. Какой длины l_1 путь пройдет фронт волны монохроматического света в вакууме за то же время, за какое он проходит путь длиной $l_2=1$ м в воде?

Задача 2. В интерферометре Майкельсона на пути одного из интерферирующих пучков света ($\lambda=590$ нм) поместили закрытую с обеих сторон стеклянную трубку длиной $l=10$ см, откачанную до высокого вакуума. При заполнении трубки хлористым водородом произошло смещение интерференционной картины. Когда хлористый водород был заменен бромистым водородом, смещение интерференционной картины возросло на $\Delta m=42$ полосы. Определить разность Δn показателей преломления бромистого и хлористого водорода.

ТЕМА 24. ПОЛЯРИЗАЦИЯ СВЕТА

Цель

Дать понятия определениям «поляризованный свет» и «естественный свет». Рассмотреть явление Брюстера. Рассмотреть устройство и принцип работы анализатора. Сформулировать закон Малюса. Рассмотреть явление двойного лучепреломления. Рассмотреть явление дихроизм. Рассмотреть вращение плоскости поляризации. Рассмотреть оптическая активность в природе.

Типовые задания для выполнения практических

Пример. Пластика кварца толщиной $d_1 = 1$ мм, вырезанная перпендикулярно оптической оси кристалла, поворачивает плоскость поляризации монохроматического света определенной длины волны на угол $\varphi_1 = 20^\circ$. Определить: 1) какова должна быть толщина d_2 кварцевой пластинки, помещенной между двумя «параллельными» николями, чтобы свет был полностью погашен; 2) какой длины l трубку с раствором сахара

массовой концентрацией $C = 0,4$ кг/л надо поместить между николями для получения того же эффекта? Удельное вращение $[\alpha]$ раствора сахара равно $0,665$ град/(м · кг · м⁻¹).

Решение. 1. Угол поворота плоскости поляризации кварцевой пластинкой определяется соотношением $\varphi = \alpha \cdot d$.

Пользуясь этой формулой, выразим искомую толщину d_2 пластинки:

$$d_2 = \frac{\varphi_2}{\alpha} \quad (1)$$

где φ_2 – угол поворота плоскости поляризации, при котором свет будет полностью погашен ($\varphi_2 = 90^\circ$).

Постоянное вращение α для кварца найдем также из формулы $\varphi = \alpha \cdot d$, подставив в нее заданные в условии задачи значения d_1 и φ_1 :

$$\alpha = \frac{\varphi_1}{d_1}$$

Подставив это выражение α в формулу (1), получим

$$d_2 = \frac{\varphi_2}{\alpha} d_1$$

Произведя вычисления по этой формуле, найдем толщину пластинки:

$$d_2 = 4,5 \text{ мм.}$$

2. Длину трубки с сахарным раствором найдем из соотношения $\varphi_2 = [\alpha]Cd$, выражающего угол поворота плоскости поляризации раствором сахара, где d — толщина раствора сахара (принимается равной длине l трубки). Отсюда получим

$$l = \varphi_2 / ([\alpha]C).$$

Подставив сюда значения φ_2 , $[\alpha]$, $C = 0,4$ кг/л = 400 кг/м³ и произведя вычисления, найдем

$$l = 3,8 \text{ дм.}$$

Задача 1. В частично-поляризованном свете амплитуда светового вектора, соответствующая максимальной интенсивности света, в $n = 2$ раза больше амплитуды, соответствующей минимальной интенсивности. Определить

степень поляризации $\vec{P}$ света.

Задача 2. Пластинку кварца толщиной $d_1 = 2$ мм, вырезанную перпендикулярно оптической оси, поместили между параллельными николями, в результате чего плоскость поляризации света повернулась на угол $\varphi = 53^\circ$. Определить толщину d_2 пластинки, при которой данный монохроматический свет не проходит через анализатор.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Поляризованный свет – это.... Дайте пояснение
2. Естественный свет – это Дайте пояснение
3. Сформулируйте закон Брюстера. Запишите формулу. Дайте пояснение.
4. Сформулируйте закон Малюса. Запишите формулу. Дайте пояснение
5. Как определить степень поляризации света? Запишите формулу. Дайте пояснение.
6. Как определить угол поворота плоскости поляризации в твердых телах? Запишите формулу. Дайте пояснение.
7. Как определить угол поворота плоскости поляризации в чистых жидкостях? Запишите формулу. Дайте пояснение.
8. Как определить угол поворота плоскости поляризации в растворах? Запишите формулу. Дайте пояснение.

Задача 1. Пучок естественного света, идущий в воде, отражается от грани алмаза, погруженного в воду. При каком угле падения ε_n отраженный свет полностью поляризован?

Задача 2. Степень поляризации $\vec{P}$ частично-поляризованного света равна 0,5. Во сколько раз отличается максимальная интенсивность света, пропускаемого через анализатор, от минимальной?

ТЕМА 27. ИЗЛУЧЕНИЕ СВЕТА ВЕЩЕСТВОМ

Цель

Рассмотреть тепловое излучение и его характеристики. Дать определение понятию «абсолютно черное тело». Сформулировать законы теплового излучения (Кирхгофа,

Стефана-Больцмана, Вина). Рассмотреть формула Планка. Изучить вывод законов теплового излучения абсолютно черного тела из формулы Планка.

Типовые задания для выполнения практических

Пример. Исследование спектра излучения Солнца показывает, что максимум спектральной плотности энергетической светимости соответствует длине волны $\lambda = 500$ нм. Принимая Солнце за черное тело, определить. 1) энергетическую светимость M_e Солнца; 2) поток энергии $\vec{\Phi}_e$, излучаемый Солнцем; 3) массу m электромагнитных волн (всех длин), излучаемых Солнцем за 1 с.

Решение 1. Энергетическая светимость M_e черного тела выражается формулой Стефана – Больцмана

$$M_e = \sigma T^4 \quad (1)$$

Температура излучающей поверхности может быть определена из закона смещения Вина. $\lambda_m = b/T$. Выразив отсюда температуру T и подставив ее в формулу (1), получим

$$M_e = \sigma (b\lambda_m)^4, \quad (2)$$

Произведя вычисления по формуле (2), найдем

$$M_e = 64 \text{ МВт/м}^2$$

2. Поток энергии Φ_e , излучаемый Солнцем, равен произведению энергетической светимости Солнца на площадь S его поверхности.

$$\Phi_e = 4\pi r^2 M_e \quad (3)$$

где r – радиус Солнца

Подставив в формулу (3) значения π , r и M_e и произведя вычисления, получим

$$\Phi_e = 3,9 \cdot 10^{26} \text{ Вт.}$$

3. Массу электромагнитных волн (всех длин), излучаемых Солнцем за

время $t = 1$ с, определим, применив закон пропорциональности массы и энергии $E = mc^2$. Энергия электромагнитных волн, излучаемых за время t , равна произведению потока энергии Φ (мощности излучения) на время $E = \Phi t$. Следовательно, $\Phi_e = mc^2$, откуда $m = \Phi_e / c^2$

Произведя вычисления по этой формуле, найдем

$$m = 4,3 \cdot 10^9 \text{ кг.}$$

Задача 1. Определить температуру T , при которой энергетическая светимость M_e черного тела равна 10 кВт/м^2 .

Задача 2. На какую длину волны λ_m приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости $(M_\lambda, T)_{\max}$ черного тела при температуре $t = 0^\circ\text{C}$?

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Что называют абсолютно черным телом?
2. Сформулируйте закон смещения Стефана – Больцмана. Запишите формулу. Дайте пояснения
3. Энергетическая светимость – это....
4. Сформулируйте закон смещения Вина. Запишите формулу. Дайте пояснения
5. Запишите формулу Планка. Дайте пояснения.
6. Запишите зависимость максимальной спектральной плотности энергетической светимости от температуры. Дайте пояснение.
7. Сформулируйте закон смещения Кирхгофа. Запишите формулу. Дайте пояснения

Задача 1. Определить энергию W излучаемую за время $t = 1$ мин из смотрового окошка площадью $S = 8 \text{ см}^2$ плавильной печи, если ее температура $T = 1,2 \text{ кК}$.

Задача 2. Температура верхних слоев Солнца равна $5,3 \text{ кК}$. Считая Солнце черным телом, определить длину волны λ_m , которой соответствует максимальная спектральная плотность энергетической светимости $(M_\lambda, T)_{\max}$ Солнца.

ТЕМА 28. ВОЛНОВЫЕ СВОЙСТВА ВЕЩЕСТВА

Цель

Рассмотреть корпускулярно-волновой дуализм материи. Сформулировать гипотезу де Бройля. Рассмотреть соотношение неопределенностей. Рассмотреть волновую функцию и ее статистический смысл. Рассмотреть временное и стационарное уравнения Шредингера. Рассмотреть физические основы электронной микроскопии.

Типовые задания для выполнения практических

Пример. Какую ускоряющую разность потенциалов U должен пройти электрон, чтобы длина волны де Бройля λ была равна 0,1 нм?

Решение: Длина волны де Бройля связана с импульсом частицы p , который в свою очередь связан с кинетической энергией E :

$$\lambda = \frac{h}{p}; p = \sqrt{2mE}; \lambda = \frac{h}{\sqrt{2mE}}$$

В свою очередь, кинетическую энергию электрон приобрёл, разгоняясь в электрическом поле, пройдя разность потенциалов, тогда эта энергия равна работе поля, т.е.

$$E = eU$$

Подставим в выражение для длины волны и выразим искомое напряжение:

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2meU}}; \lambda^2 = \frac{h^2}{2meU}; U = \frac{h^2}{2me\lambda^2}$$

$$U = 150,8 \text{ В}$$

Задача 1. Определить длину волны де Бройля λ , характеризующую волновые свойства электрона, если его скорость $v = 1$ Мм/с. Сделать такой же подсчет для протона.

Задача 2. Электрон движется со скоростью $v = 200$ Мм/с. Определить длину волны де Бройля λ , учитывая изменение массы электрона в зависимости от скорости.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Корпускулярно волновой дуализм – это....
2. Сформулируйте гипотезу де Бройля.
3. Сформулируйте соотношение неопределенностей. Дайте пояснение
4. Волновую функцию – это.... Дайте пояснение.
5. Запишите временное уравнения Шредингера.
6. Запишите и стационарное уравнения Шредингера
7. Чему равны фазовая и групповая скорости фотона?

8. Как, исходя из соотношения неопределенностей, объяснить наличие естественной ширины спектральных линий?
9. Что определяет квадрат модуля волновой функции?
10. Почему квантовая механика является статистической теорией?
11. В чем отличие понимания причинности в классической и квантовой механике?
12. Как изменится коэффициент прозрачности потенциального барьера с увеличением его ширины в два раза?
13. Может ли частица находиться на дне «потенциальной ямы»?
14. Определяется ли это формой «ямы»?
15. В чем отличие квантово-механического и классического описания гармонического осциллятора? В выводах этих описаний?

Задача 1. Определить длину волны де Бройля λ электрона, если его кинетическая энергия $T = 1$ кэВ.

Задача 2. Найти длину волны де Бройля λ протона, прошедшего ускоряющую разность потенциалов U : 1) 1 кВ; 2) 1 МВ

РАЗДЕЛ 5. ФИЗИКА АТОМА И ЯДРА

ТЕМА 29. МОДЕЛИ СТРОЕНИЯ АТОМА

Цель

Ввести понятия «атомные единицы энергии» и «атомные единицы массы». Рассмотреть модель атома Томсона. Рассмотреть модель атома Резерфорда. Рассмотреть модель атома Бора. Сформулировать постулаты Бора. Рассмотреть спектр водорода. Изучить развитие теории Бора.

Типовые задания для выполнения практических

Пример. Вычислить радиус первой орбиты атома водорода (Боровский радиус) и скорость электрона на этой орбите.

Решение. Согласно теории Бора, радиус r электронной орбиты и скорость v электрона на ней связаны равенством $mvr = n\hbar$. Так как в задаче требуется определить величины, относящиеся к первой орбите, то главное квантовое число $n = 1$ и указанное выше равенство примет вид

$$mvr = \hbar \quad (1)$$

Для определения двух неизвестных величин r и v необходимо еще одно уравнение. В качестве второго уравнения воспользуемся уравнением движения электрона. Согласно теории Бора, электрон вращается вокруг ядра. При этом сила взаимодействия между электрическими зарядами ядра и электрона сообщает электрону центростремительное ускорение. На основании второго закона Ньютона можем записать:

$$\frac{m v^2}{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r^2} \quad (2)$$

(e и m – заряд и масса электрона), или

$$m v^2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r}$$

Совместное решение равенств (1) и (2) относительно r дает

$$r = \frac{4\pi\epsilon_0 \hbar^2}{(me)^2}$$

Подставив сюда значения $\hbar$, e , и m произведя вычисления, найдем боровский радиус:

$$r = a = 5,29 \cdot 10^{-11} \text{ м}$$

Из равенства (1) получим выражение скорости электрона на первой орбите:

$$v = \frac{\hbar}{mr}$$

Произведя вычисления по этой формуле, найдем

$$v = 2,18 \text{ Мм/с}$$

Задача 1. Определить потенциальную U , кинетическую T и полную E энергии электрона, находящегося на первой орбите атома водорода.

Задача 2. Определить длину волны λ , соответствующую третьей спектральной линии в серии Бальмера.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Почему ядерная модель атома оказалась несостоятельной?
2. Почему из различных серий спектральных линий атома водорода первой была изучена серия Бальмера?
3. Какой смысл имеют числа m и n в обобщенной формуле Бальмера?
4. Чему равна частота излучения атома водорода, соответствующая коротковолновой границе серии Брэкета?
5. Разъясните смысл постулатов Бора.
6. Как с помощью постулатов Бора объясняется линейчатый спектр атома?
7. Какие основные вводы можно сделать на основании опытов Франка и Герца?
8. Пользуясь моделью Бора, укажите спектральные линии, которые могут возникнуть при переходе атома водорода в состояния с $n=3$ и $n=4$.
9. Нанесите на шкалу длин волн три линии каждой из первых двух спектральных серий атома водорода.
10. Почему спектр поглощения атома водорода содержит только серию Лаймана?

Задача 1. Атомарный водород, возбужденный светом определенной длины волны, при переходе в основное состояние испускает только три спектральные линии. Определить длины волн этих линий и указать, каким сериям они принадлежат.

Задача 2. Фотон с энергией $\varepsilon = 16,5 \text{ эВ}$ выбил электрон из невозбужденного атома водорода. Какую скорость v будет иметь электрон вдали от ядра атома?

ТЕМА 30. СТРОЕНИЕ И СПЕКТРЫ АТОМОВ

Цель

Рассмотреть водородоподобный атом. Рассмотреть спектры водорода и щелочных металлов. Дать определение понятию «спин электрона». Рассмотреть многоэлектронные атомы. Сформулировать постулаты периодического закона Менделеева. Рассмотреть спектры многоэлектронных атомов. Изучить основы спектрального анализа.

Типовые задания для выполнения практических

Пример. Найти возможные значения полных механических моментов атомов, находящихся в состояниях ^4P и ^5D .

Решение: Состояние ^4P : квантовые числа $L = 1$; $2S + 1 = 4$; $S = 1\frac{1}{2}$

Внутреннее квантовое число может принимать значения:

$$J = L + S, L + S - 1, |L - S|$$

$$J = 2\frac{1}{2}, 1\frac{1}{2}, \frac{1}{2}$$

Полный механический момент атома:

$$M = \frac{h}{2\pi} \sqrt{J(J-1)}$$

$$M = \frac{h}{2\pi} \sqrt{\frac{35}{4}}, M = \frac{h}{2\pi} \sqrt{\frac{15}{4}}, M = \frac{h}{2\pi} \sqrt{\frac{3}{4}}$$

Состояние ^5D : квантовые числа $L = 2$; $2S + 1 = 5$; $S = 2$

Внутреннее квантовое число может принимать значения:

$$J = L + S, L + S - 1, |L - S|$$

$$J = 4, 3, 2, 1, 0$$

Полный механический момент атома:

$$M = \frac{h}{2\pi} \sqrt{J(J-1)}$$

$$M = \frac{h}{2\pi} \sqrt{20}, M = \frac{h}{2\pi} \sqrt{12}; M = \frac{h}{2\pi} \sqrt{6}; M = \frac{h}{2\pi} \sqrt{2}; 0$$

Задача 1. Определить, сколько различных волновых функций соответствует главному квантовому числу $n=5$.

Задача 2. Построить и объяснить диаграмму, иллюстрирующую расщепление энергетических уровней и спектральных линий (с учетом правил отбора) при переходах между состояниями с $l = 2$ и $l = 1$. ($d \rightarrow p$ – переход).

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Что характеризуют квантовые числа: главное, орбитальное и магнитное? Какие значения они могут принимать?
2. Каковы возможные значения l и ml для главного квантового числа $n = 5$?
3. Сколько различных состояний соответствует $n = 4$?
4. Сравните плотности вероятности обнаружения электрона в основном состоянии атома водорода согласно теории Бора и квантовой механики.
5. Почему атом водорода может иметь одно и то же значение энергии, находясь в различных состояниях?

Задача 1. Определить длины волн спектральных линий, возникающих при переходе возбужденных атомов лития из состояния $3S$ в основное состояние $2S$. Ридберговские поправки для S– и P–термов равны -0,41 и -0,04

Задача 2. Энергия связи валентного электрона атома лития в состояниях $2S$ и $2P$ равна соответственно 5,39 и 3,54 эВ. Вычислить ридберговские поправки для S– и P–термов этого атома

ТЕМА 31. ЛАЗЕРЫ

Цель

Рассмотреть устройство и принцип работы лазера. Изучить свойства лазерного излучения. Рассмотреть применение лазерного излучения в медицине и промышленности.

Типовые задания для выполнения практических

Пример. Лазер мощностью 1 мВт излучает свет с длиной волны 632,8 нм. Вычислить поток квантов излучения.

Решение: Энергия одного фотона: $E_0 = h\nu = h \frac{c}{\lambda}$, тогда:

$$E = N \cdot E_0$$

$$E = P \cdot t$$

$$N \cdot E_0 = P \cdot t$$

Поток фотонов:

$$\Pi = \frac{N}{t} = \frac{P}{E_0}$$

Следовательно:

$$\Pi = \frac{P\lambda}{hc} = 31,8 \text{ Вт}$$

Задача 1. Лазер испускает излучение с длиной волны 330 нм. Определите энергию одного кванта света, испускаемого лазером.

Задача 2. Определите добротность резонатора гелий-неонового лазера из первой задачи по отношению к потерям на излучение, если длина активной зоны 40 см, а коэффициент отражения зеркала составляет 0,9.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Какое излучение называется спонтанным?
2. Какое излучение называется индуцированным?
3. Объясните устройство и принцип действия лазера.
4. Перечислите и объясните свойства лазерного излучения.

Задача 1. Лазерный усилитель представляет собой кювету, заполненную усиливающей свет средой (про такую среду говорят, что она обладает инверсной заселенностью). На вход лазерного усилителя падает лазерное излучение с мощностью $P_1 = 1$ кВт. Мощность лазерного излучения на выходе из усилителя оказывается равной $P_2 = 10$ МВт. Найти силу, которую нужно прикладывать к усилителю, чтобы удерживать его в неподвижном положении.

Задача 2. Пучок лазерного излучения мощностью $W = 100$ Вт падает на непрозрачную пластинку под углом $\alpha = 30^\circ$. Пластинка поглощает 60 % падающей энергии, а остальную энергию зеркально отражает. Найдите абсолютную величину силы, действующей на пластинку со стороны света. Скорость света $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

ТЕМА 32. ЕСТЕСТВЕННАЯ РАДИОАКТИВНОСТЬ

Цель

Изучить состав атомного ядра. Рассмотреть энергия связи атомных ядер. Дать определение понятию «радиоактивное излучение». Рассмотреть виды радиоактивного излучения. Сформулировать законы радиоактивных распадов. Рассмотреть физические основы действия ионизирующих излучений на организм.

Типовые задания для выполнения практических

Пример. Определить период полураспада радиоактивного изотопа, если $2/3$ начального количества ядер этого изотопа распалось за время $t = 10$ мин.

Решение: Период полураспада радиоактивного изотопа

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda} \quad (1)$$

Где λ – постоянная радиоактивного изотопа

Число распавшихся ядер:

$$\Delta N = N_0 - N \quad (2)$$

Где N_0 – начальное число нераспавшихся ядер; N – число нераспавшихся ядер в момент времени t , которое согласно закону радиоактивного распада:

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \quad (3)$$

Учитывая (2) и (3), найдем долю распавшихся ядер за время t

$$\frac{\Delta N}{N_0} = \frac{N_0 - N}{N_0} = 1 - e^{-\lambda t}$$

Согласно условию задачи:

$$\frac{\Delta N}{N_0} = 1 - e^{-\lambda t} = \frac{2}{3}$$

$$e^{-\lambda t} = \frac{1}{3}; -\lambda t = \ln \frac{1}{3}$$

$$\text{Откуда } \lambda = \frac{\ln 3}{t}$$

Следовательно:

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{\ln 2}{\ln 3} t = 6,31 \text{ мин}$$

Задача 1. Хлор представляет собой смесь двух изотопов с относительными атомными массами $Ar_1 = 34,969$ и $Ar_2 = 36,966$. Вычислить относительную атомную массу Ar хлора, если массовые доли w_1 и w_2 первого и второго изотопов соответственно равны 0,754 и 0,246.

Задача 2. Какую часть массы нейтрального атома плутония составляет масса его электронной оболочки?

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Какие частицы образуют ядро атома цинка? Сколько их?
2. Атомное ядро «составили» из N свободных нуклонов (масса каждого нуклона равна m).
3. Чему равны масса и удельная энергия связи этого ядра?
4. Чем отличаются изобары и изотопы?
5. Почему прочность ядер уменьшается при переходе к тяжелым элементам?
6. Как объясняется сверхтонкая структура спектральных линий?
7. Как и во сколько раз изменится число ядер радиоактивного вещества за время, равное трем периодам полураспада?

8. Как (по какому закону) изменяется со временем активность нуклида?
9. Как изменится положение химического элемента в таблице Менделеева после двух α -распадов ядер его атомов? после последовательных одного α -распада и двух β -распадов?
10. Как объясняется α -распад на основе представлений квантовой теории?
11. Как объясняется непрерывность энергетического спектра β -частиц

Задача 1. Какова вероятность W того, что данный атом в изотопе радиоактивного йода ^{131}I распадется в течение ближайшей секунды?

Задача 2. Какая часть начального количества атомов радиоактивного актиния ^{225}Ac останется через 5 сут? через 15 сут?

ТЕМА 33. ИСКУССТВЕННАЯ РАДИОАКТИВНОСТЬ

Цель

Рассмотреть искусственные превращения ядер. Рассмотреть ядерные реакции. Рассмотреть теорию альфа-распада. Рассмотреть теорию бета-распада. Рассмотреть модели ядра. Рассмотреть эффект Мессбауэра. Рассмотреть использование ядерной энергии в современном мире.

Типовые задания для выполнения практических

Пример. Определить, какая часть начального количества радиоактивного нуклида распадается за время t , равное средней продолжительности жизни этого нуклида.

Решение:

Согласно закону радиоактивного распада $N = N_0 e^{-\lambda t}$ и условиям задачи:

$$\frac{N_0 - N}{N_0} = 1 - e^{-\lambda t}$$

Т.к. $\lambda = \frac{1}{\tau}$:

$$\frac{N_0 - N}{N_0} = 1 - e^{-\frac{1}{\tau}t} = 1 - e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Учитывая, что $t = \tau$:

$$\frac{N_0 - N}{N_0} = 1 - e^{-\frac{t}{\tau}} = 1 - e^{-1} = 1 - \frac{1}{e} = 0,632$$

Задача 1. Сколько ядер урана-235 должно делиться за время $t=1$ с, чтобы тепловая мощность P ядерного реактора была равной 1 Вт?

Задача 2. Найти электрическую мощность P атомной электростанции, расходующей 0,1 кг урана-235 в сутки, если КПД η станции равен 16 %.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Как объясняется α -распад на основе представлений квантовой теории?
2. Как объясняется непрерывность энергетического спектра β -частиц?
3. Изменится ли химическая природа элемента при испускании его ядром γ -кванта?
4. Какие явления сопровождают прохождение γ -излучения через вещество и в чем их суть?
5. В чем суть эффекта Мёссбауэра? Каковы его возможные применения?
6. Запишите схему e -захвата. Что сопровождает e -захват? В чем его отличие от $\beta^\pm$ -распадов?
7. Чем объяснить выброс нейтрино (антинейтрино) при $\beta^\pm$ -распадах?
8. По каким признакам можно классифицировать ядерные реакции?
9. Что представляет собой реакция деления ядер? Приведите примеры.
10. В результате какой реакции происходит превращение ядер ${}^{238}_{92}\text{U}$ в ядра ${}^{239}_{94}\text{U}$? Каковы ее перспективы?

Задача 1. Сколько ядер урана-235 должно делиться за время $t=1$ с, чтобы тепловая мощность P ядерного реактора была равной 1 Вт?

Задача 2. Найти электрическую мощность P атомной электростанции, расходующей 0,1 кг урана-235 в сутки, если КПД η станции равен 16 %.

ТЕМА 34. ЭЛЕМЕНТЫ ДОЗИМЕТРИИ

Цель

Дать определение понятиям «доза излучения» и «экспозиционная доза». Дать определение понятию «мощность дозы». Рассмотреть количественную оценку биологического действия ионизирующего излучения. Дать определение понятию эквивалентная доза. Рассмотреть устройство и принцип работы дозиметрических приборов. Изучить методы защита от ионизирующего излучения.

Типовые задания для выполнения практических

Пример. На какую глубину нужно погрузить в воду источник узкого пучка γ -излучения (энергия гамма-фотонов равна 1,6 МэВ), чтобы интенсивность I пучка, выходящего из воды, была уменьшена в $k=1000$ раз?

Решение: $I = I_0 e^{-\mu x}$, согласно условию $\frac{I_0}{I} = k \Rightarrow I = \frac{I_0}{k}$. Тогда получаем:

$$\begin{aligned}\frac{I_0}{k} &= I_0 e^{-\mu x} \Rightarrow \frac{1}{k} = e^{-\mu x} \\ -\ln k &= -\mu x \Rightarrow x = \frac{\ln k}{\mu}\end{aligned}$$

Т.к. $\mu = 0,06 \text{ см}^{-1}$:

$$x = 115 \text{ см} = 1,15 \text{ м}$$

Задача 1. Интенсивность I узкого пучка γ -излучения после прохождения через слой свинца толщиной $x = 4 \text{ см}$ уменьшилась в $k = 8$ раз. Определить энергию ε гамма-фотонов и толщину $x_{\frac{1}{2}}$ слоя половинного ослабления.

Задача 2. Через свинец проходит узкий пучок γ -излучения. При каком значении энергии ε гамма-фотонов толщина $x_{\frac{1}{2}}$ слоя половинного ослабления будет максимальной? Определить максимальную толщину $x_{\text{тах}}$ слоя половинного ослабления для свинца.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом.
2. Линейная плотность ионизации, линейная передача энергии, средний пробег ионизирующей частицы.
3. Особенности взаимодействия с веществом альфа-, бета-, гамма-излучений и нейтронов.
4. Физические принципы защиты от ионизирующих излучений.
5. Понятие об основных биологических эффектах ионизирующих излучений.
6. Принцип работы ионизационной камеры.
7. Принцип работы трекового детектора
8. Схема счетчика Гейгера-Мюллера

Задача 1. Узкий пучок γ -излучения (энергия ϵ гамма-фотонов равна 2,4 МэВ) проходит через бетонную плиту толщиной $x_1 = 1$ м. Какой толщины x_2 плита из чугуна дает такое же ослабление данного пучка γ -излучения?

Задача 2. Чугунная плита уменьшает интенсивность I узкого пучка γ -излучения (энергия ϵ гамма-фотонов равна 2,8 МэВ) в $k = 10$ раз. Во сколько раз уменьшит интенсивность этого пучка свинцовая плита такой же толщины?

ТЕМА 35. ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЧАСТИЦЫ

Цель

Рассмотреть такие частицы как электрон, фотон, протон. Рассмотреть строение нейтрон. Изучить свойства нейтрона. Рассмотреть фундаментальные взаимодействия. Рассмотреть мюон. Рассмотреть античастицы. Рассмотреть нейтрино. Рассмотреть способы регистрация нейтрино. Рассмотреть нерешенные проблемы физики элементарных частиц.

Типовые задания для выполнения практических

Пример. Известно, что в углеродно-азотном, или углеродном, цикле число ядер углерода остается неизменным. В результате этого цикла четыре ядра водорода ${}^1_1H$ (протона) превращаются в ядро гелия ${}^4_2He$, а также образуются три γ -кванта, два позитрона и два нейтрино. Записав эту реакцию, определите выделяющуюся в этом процессе энергию

Решение: $4{}^1_1H \rightarrow {}^4_2He + 2{}^0_{+1}e + 2{}^0_0\nu_e + 3\gamma + Q$

$$\Delta m = 4m_{{}^1_1H} - (m_{{}^4_2He} + 2m_e)$$

$$Q = \Delta mc^2 = 25,8 \text{ МэВ}$$

Задача 1. Принимая, что энергия релятивистских мюонов в космическом излучении составляет 3 ГэВ, определить расстояние, проходимое мюонами за время их жизни, если собственное время жизни мюона 2,2 мкс, а энергия покоя 100 МэВ.

Задача 2. Нейтральный пион распадается на два γ -кванта: $\pi_0 \rightarrow 2\gamma$. Принимая массу покоя пиона равной $264,1m_e$, определить энергию каждого из возникших γ -квантов.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Какова природа первичного и вторичного космического, излучения? Назовите их свойства.
2. Приведите схемы распада мюонов. Чем объясняется выброс мюонного нейтрино (антинейтрино)?
3. Приведите схемы распада π -мезонов. Дайте характеристику π -мезонам.
4. Какие фундаментальные типы взаимодействий осуществляются в природе и как их можно охарактеризовать? Какой из них является универсальным?
5. Какие законы сохранения выполняются для всех типов взаимодействий элементарных частиц?

6. Что является фундаментальным свойством всех элементарных частиц?
7. Назовите свойства нейтрино и антинейтрино. В чем их сходство и различие?
8. Какие характеристики являются для частиц и античастиц одинаковыми? Какие – разными?
9. Что такое странность и четность элементарных частиц? Для чего они вводятся? Всегда ли выполняются законы их сохранения?
10. Какие имеются группы элементарных частиц? Каковы критерии, по которым элементарные частицы относятся к той или иной группе?

Задача 1. При столкновении нейтрона и антинейтрона происходит их аннигиляция, в результате чего возникают два γ -кванта, а энергия частиц переходит в энергию γ -квантов. Определить энергию каждого из возникших γ -квантов, принимая, что кинетическая энергия нейтрона и позитрона до их столкновения пренебрежимо мала

Задача 2. Определите, какие из приведенных ниже процессов разрешены законом сохранения лептонного числа: 1) $p \rightarrow n + e^+ + \nu_e$; $K^- \rightarrow \mu^- + \bar{\nu}_\mu$; $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + e^- + e^+$; $K^+ \rightarrow e^+ + \pi^0 + \nu_e$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Перечень основной литературы:

1. Савельев И.В. Курс общей физики: [учеб. пособие]: в 3-х томах. /И.В. Савельев; под общ. ред. И.В. Савельева, Том 1. Механика. Молекулярная физика и термодинамика. М.: Лань 2022. – 472с. ISBN 978-5-8114-9890-1
2. Савельев И.В. Курс общей физики: [учеб. пособие]: в 3-х томах. /И.В. Савельев; под общ. ред. И.В. Савельева, Том 2. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика. М.: Лань 2022. – 500с. ISBN 978-5-8114-8926-8
3. Савельев И.В. Курс общей физики: [учеб. пособие]: в 3-х томах. /И.В. Савельев; под общ. ред. И.В. Савельева, Том 3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц Санкт-Петербург.: Лань СПб 2019. – 450с. ISBN 978-5-8114-4598-1

1.2. Перечень дополнительной литературы:

1. Матвеев А.Н. Механика и теория относительности: Учеб. Для студентов вузов/ А.Н. Матвеев. – 3-ие изд.- М.: ООО «Издательский дом «Оникс 21 век»: ООО Издательство «Мир и Образование», 2003. – 432с.: ISBN 5-329-00742-9 (ООО «Издательский дом «Оникс 21 век»); ISBN 5-94666-074-8 ООО Издательство «Мир и Образование»
2. Матвеев А.Н. Молекулярная физика: Учеб. Для студентов вузов/ А.Н. Матвеев.,- М.: Высшая школа, 1981.-400 с.,
3. Матвеев А.Н. Электричество и магнетизм: Учеб. Для студентов вузов/ А.Н. Матвеев.,- М.: Высшая школа, 1983.-463 с.,
4. Матвеев А.Н. Оптика: Учеб. Для студентов вузов/ А.Н. Матвеев.,- М.: Высшая школа, 1985.-351 с.,
5. Матвеев А.Н. Атомная физика: Учеб. Для студентов вузов/ А.Н. Матвеев.,- М.: Высшая школа, 1989.-439 с., ISBN 5-06-000056-7
6. Калашников С.Г. Электричество: Учебн. Пособие. – 6-е изд. Стереот. – М: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 624 с. – ISBN 5-9221-0312-1

2. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Методические рекомендации к лабораторным занятиям по дисциплине "Физика"

2. Методические рекомендации к самостоятельной работе по дисциплине "Физика".

3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

- 1 <http://demo.home.nov.ru> – Мир физики: физический эксперимент;
- 2 <http://experiment.edu.ru> – естественнонаучные эксперименты - Физика: Коллекция Российского общеобразовательного портала;
- 3 <http://fizkaf.narod.ru> – кафедра и лаборатория физики Московского института открытого образования;
- 4 <http://genphys.phys.msu.ru> – сайт кафедры общей физики физфака МГУ.
- 5 <http://www.edu.delfa.net> – кабинет физики Санкт-Петербургской академии постдипломного педагогического образования;
- 6 <http://www.phys.spb.ru> – сайт физического факультета СПбГУ;
- 7 <http://genphys.phys.msu.ru/rus/edu/mech.php>
- 8 <https://ocw.mit.edu/courses/physics/8-01-classical-mechanics-fall-2016/>

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКА

Методические указания для обучающихся по организации и проведению самостоятельной работы

для студентов специальности 21.05.06 Нефтегазовая техника и
технологии
специализации «Технология бурения нефтяных и газовых
скважин»

**Ставрополь
2026**

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

ПЛАН-ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО
МАТЕРИАЛА, ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ**

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой студента).

Самостоятельная работа студента является важным видом учебной и научной деятельности студента. Федеральным государственным образовательным стандартом предусматривается значительный объем времени из общей трудоемкости дисциплины на самостоятельную работу. В связи с этим, обучение включает в себя две, практически одинаковые по объему и взаимовлиянию части – процесса обучения и процесса самообучения. Поэтому самостоятельная работа должна стать эффективной и целенаправленной работой студента.

Концепцией модернизации российского образования определены основные задачи профессионального образования – подготовка квалифицированного работника соответствующего уровня и профиля, конкурентоспособного на рынке труда, компетентного, ответственного, свободно владеющего своей профессией и ориентированного в смежных областях деятельности, способного к эффективной работе по специальности на уровне мировых стандартов, готового к постоянному профессиональному росту, социальной и профессиональной мобильности.

Решение этих задач невозможно без повышения роли самостоятельной работы студентов над учебным материалом, усиления ответственности преподавателей за развитие навыков самостоятельной работы, за стимулирование профессионального роста студентов, воспитание творческой активности и инициативы.

Самостоятельная работа студента предполагает, прежде всего, его научно-исследовательскую и практическую деятельность, поскольку именно эти виды учебной работы в первую очередь готовят к самостоятельному выполнению профессиональных задач. Конечной целью самостоятельной работы является организация самостоятельной познавательной деятельности, формирование умения самостоятельно анализировать информацию, выделять главное и второстепенное.

Основными формами самостоятельной работы студентов по дисциплине «Физика» являются:

- подготовка к практическому занятию
- самостоятельное изучение литературы;

– подготовка к экзамену.

Практические занятия проводятся с целью закрепления усвоенной информации, приобретения навыков ее применения при решении практических задач в соответствующей предметной области..

ПЛАН-ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Вид деятельности студентов	Итоговый продукт самостоятельной работы	Средства и технологии оценки	Время сдачи
2 семестр			
Подготовка к теме: Кинематика и динамика материальной точки	Собеседование Решение типовых задач	Вопросы для собеседования Примеры типовых заданий	Практическое занятие № 1
Подготовка к теме: Законы сохранения	Собеседование Решение типовых задач	Вопросы для собеседования Примеры типовых заданий	Практическое занятие № 2
Подготовка к теме: Неинерциальные системы отсчета.	Собеседование	Вопросы для собеседования	Практическое занятие № 18
Подготовка к теме: Механика твердого тела	Собеседование Подготовленный отчет для лабораторной работе	Вопросы для собеседования Список лабораторных работ	Практическое занятие № 18 Лабораторное занятие №1
Подготовка к теме: Релятивистская механика	Собеседование	Вопросы для собеседования	Практическое занятие № 18
Подготовка к теме: Гравитация	Собеседование	Вопросы для собеседования	Практическое занятие № 18
Подготовка к теме: Колебательное движение	Собеседование Решение типовых задач	Вопросы для собеседования Примеры типовых заданий	Практическое занятие № 18 Практическое занятие № 3
Подготовка к теме: Гидродинамика	Подготовленный отчет для лабораторной работе	Список лабораторных работ	Лабораторное занятие № 2
Подготовка к теме: Предварительные сведения	Собеседование Решение типовых задач	Вопросы для собеседования Примеры типовых заданий	Практическое занятие № 4 Практическое занятие № 18
Подготовка к теме: Статистическая физика	Собеседование	Вопросы для собеседования	Практическое занятие № 18
Подготовка к теме: Термодинамика	Собеседование Решение типовых задач	Вопросы для собеседования Примеры типовых заданий	Практическое занятие № 5 Практическое занятие № 18
Подготовка к теме: Кристаллическое состояние	Собеседование Подготовленный отчет для лабораторной работе	Вопросы для собеседования Список лабораторных работ	Практическое занятие № 18 Лабораторное занятие №3
Подготовка к теме: Жидкое состояние	Собеседование	Вопросы для собеседования	Практическое занятие № 18

Вид деятельности студентов	Итоговый продукт самостоятельной работы	Средства и технологии оценки	Время сдачи
2 семестр			
Подготовка к теме: Фазовые равновесия и превращения	Собеседование	Вопросы для собеседования	Практическое занятие № 18
Подготовка к теме: Физическая кинетика	Собеседование	Вопросы для собеседования	Практическое занятие № 18
Подготовка к теме: Электрическое поле в вакууме	Собеседование Решение типовых задач Подготовленный отчет для лабораторной работе	Вопросы для собеседования Примеры типовых заданий Список лабораторных работ	Практическое занятие № 18 Практическое занятие № 6 Лабораторное занятие № 4
Подготовка к теме: Электрическое поле в диэлектриках	Собеседование Решение типовых задач	Вопросы для собеседования Примеры типовых заданий	Практическое занятие № 18 Практическое занятие № 6
Подготовка к теме: Проводники в электрическом поле	Собеседование	Вопросы для собеседования	Практическое занятие № 18
Подготовка к теме: Энергия электрического поля	Собеседование	Вопросы для собеседования	Практическое занятие № 18
Подготовка к теме: Постоянный электрический ток	Собеседование Решение типовых задач	Вопросы для собеседования Примеры типовых заданий	Практическое занятие № 7 Практическое занятие № 18
Подготовка к теме: Магнитное поле в вакууме	Собеседование Решение типовых задач	Вопросы для собеседования Примеры типовых заданий	Практическое занятие № 18
Подготовка к теме: Магнитное поле в веществе	Собеседование Подготовленный отчет для лабораторной работе	Вопросы для собеседования Список лабораторных работ	Практическое занятие № 18 Лабораторное занятие №5
Подготовка к теме: Электромагнитная индукция	Собеседование Решение типовых задач	Вопросы для собеседования Примеры типовых заданий	Практическое занятие № 8 Практическое занятие № 18
Подготовка к теме: Уравнения Максвелла	Собеседование	Вопросы для собеседования	Практическое занятие № 18
Подготовка к теме: Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях	Собеседование Подготовленный отчет для лабораторной работе	Вопросы для собеседования Список лабораторных работ	Практическое занятие № 18 Лабораторное занятие № 6
Подготовка к теме:	Собеседование	Вопросы для	Практическое

Вид деятельности студентов	Итоговый продукт самостоятельной работы	Средства и технологии оценки	Время сдачи
2 семестр			
Классическая теория электропроводности металлов	Подготовленный отчет для лабораторной работе	собеседования Список лабораторных работ	занятие № 18 Лабораторное занятие № 7
Подготовка к теме: Электрический ток в газах	Собеседование	Вопросы для собеседования	Практическое занятие № 18
Подготовка к теме: Электрические колебания	Подготовленный отчет для лабораторной работе	Список лабораторных работ	Практическое занятие № 18 Лабораторное занятие № 8
3 семестр			
Подготовка к теме: Геометрическая оптика	Собеседование Решение типовых задач Подготовленный отчет для лабораторной работе	Вопросы для собеседования Примеры типовых заданий Список лабораторных работ	Практическое занятие № 18 Практическое занятие № 1 Лабораторная работа № 1
Подготовка к теме: Фотометрия	Собеседование Решение типовых задач	Вопросы для собеседования Примеры типовых заданий	Практическое занятие № 18 Практическое занятие № 2
Подготовка к теме: Интерференция света	Собеседование Решение типовых задач Подготовленный отчет для лабораторной работе	Вопросы для собеседования Примеры типовых заданий Список лабораторных работ	Практическое занятие № 18 Практическое занятие № 3 Лабораторная работа № 2
Подготовка к теме: Дифракция света	Собеседование Решение типовых задач Подготовленный отчет для лабораторной работе	Вопросы для собеседования Примеры типовых заданий Список лабораторных работ	Практическое занятие № 18 Практическое занятие № 4 Лабораторная работа № 3
Подготовка к теме: Поляризация света	Собеседование Подготовленный отчет для лабораторной работе	Вопросы для собеседования Список лабораторных работ	Практическое занятие № 18 Лабораторная работа № 4
Подготовка к теме: Оптика движущихся сред	Собеседование Решение типовых задач	Вопросы для собеседования Примеры типовых заданий	Практическое занятие № 18 Практическое занятие № 4
Подготовка к теме: Взаимодействие электромагнитных волн с веществом	Собеседование	Вопросы для собеседования	Практическое занятие № 18
Подготовка к теме: Тепловое излучение	Собеседование Решение типовых	Вопросы для собеседования	Практическое занятие № 18

Вид деятельности студентов	Итоговый продукт самостоятельной работы	Средства и технологии оценки	Время сдачи
2 семестр			
	задач Подготовленный отчет для лабораторной работе	Примеры типовых заданий Список лабораторных работ	Практическое занятие № 6 Лабораторная работа № 5
Подготовка к теме: Боровская теория атома	Собеседование Решение типовых задач	Вопросы для собеседования Примеры типовых заданий	
Подготовка к теме: Квантовомеханическая теория водородоподобного атома	Собеседование Решение типовых задач Подготовленный отчет для лабораторной работе	Вопросы для собеседования Примеры типовых заданий Список лабораторных работ	Практическое занятие № 18 Практическое занятие № 7 Лабораторная работа № 6
Подготовка к теме: Многочастичные атомы	Собеседование Подготовленный отчет для лабораторной работе	Вопросы для собеседования Список лабораторных работ	Практическое занятие № 18 Лабораторная работа № 7
Подготовка к теме: Молекулы и кристаллы	Собеседование	Вопросы для собеседования	Практическое занятие № 18
Подготовка к теме: Атомное ядро	Собеседование Решение типовых задач Подготовленный отчет для лабораторной работе	Вопросы для собеседования Примеры типовых заданий Список лабораторных работ	Практическое занятие № 18 Практическое занятие № 8 Лабораторная работа № 8
Подготовка к теме: Элементарные частицы	Собеседование Решение типовых задач Подготовленный отчет для лабораторной работе	Вопросы для собеседования Примеры типовых заданий Список лабораторных работ	Практическое занятие № 18 Практическое занятие № 9 Лабораторная работа № 9
Подготовка к экзамену	Собеседование	Вопросы для подготовки к экзамену	

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА, ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ И ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ

При подготовке к практическим занятиям необходимо:

- повторить материал соответствующих лекций;
- внимательно изучить описание практического занятия, изложенное в практикуме;
- ответить на вопросы по содержанию практического или лабораторного занятия, задаваемые преподавателем на предварительном опросе перед выполнением заданий.

В результате выполнения заданий достигаются следующие результаты обучения:

- развитие мышления и творческих способностей студента,
- приобретение и закрепление навыков самостоятельной работы,
- приобретение и закрепление навыков оформления и составления письменных заданий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Перечень основной литературы:

1. Савельев И.В. Курс общей физики: [учеб. пособие]: в 3-х томах. /И.В. Савельев; под общ. ред. И.В. Савельева, Том 1. Механика. Молекулярная физика и термодинамика. М.: Лань 2022. – 472с. ISBN 978-5-8114-9890-1

2. Савельев И.В. Курс общей физики: [учеб. пособие]: в 3-х томах. /И.В. Савельев; под общ. ред. И.В. Савельева, Том 2. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика. М.: Лань 2022. – 500с. ISBN 978-5-8114-8926-8

3. Савельев И.В. Курс общей физики: [учеб. пособие]: в 3-х томах. /И.В. Савельев; под общ. ред. И.В. Савельева, Том 3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц Санкт-Петербург.: Лань СПб 2019. – 450с. ISBN 978-5-8114-4598-1

1.2. Перечень дополнительной литературы:

1. Матвеев А.Н. Механика и теория относительности: Учеб. Для студентов вузов/ А.Н. Матвеев. – 3-ие изд.- М.: ООО «Издательский дом «Оникс 21 век»: ООО Издательство «Мир и Образование», 2003. – 432с.: ISBN 5-329-00742-9 (ООО «Издательский дом «Оникс 21 век»); ISBN 5-94666-074-8 ООО Издательство «Мир и Образование»
2. Матвеев А.Н. Молекулярная физика: Учеб. Для студентов вузов/ А.Н. Матвеев.,- М.: Высшая школа, 1981.-400 с.,
3. Матвеев А.Н. Электричество и магнетизм: Учеб. Для студентов вузов/ А.Н. Матвеев.,- М.: Высшая школа, 1983.-463 с.,
4. Матвеев А.Н. Оптика: Учеб. Для студентов вузов/ А.Н. Матвеев.,- М.: Высшая школа, 1985.-351 с.,
5. Матвеев А.Н. Атомная физика: Учеб. Для студентов вузов/ А.Н. Матвеев.,- М.: Высшая школа, 1989.-439 с., ISBN 5-06-000056-7
6. Калашников С.Г. Электричество: Учебн. Пособие. – 6-е изд. Стереот. – М: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 624 с. – ISBN 5-9221-0312-1

2. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Методические рекомендации к лабораторным занятиям по дисциплине "Физика"
2. Методические рекомендации к самостоятельной работе по дисциплине "Физика".
3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины
 - 1 <http://demo.home.nov.ru> – Мир физики: физический эксперимент;
 - 2 <http://experiment.edu.ru> – естественнонаучные эксперименты - Физика: Коллекция Российского общеобразовательного портала;
 - 3 <http://fizkaf.narod.ru> – кафедра и лаборатория физики Московского института открытого образования;
 - 4 <http://genphys.phys.msu.ru> – сайт кафедры общей физики физфака МГУ.
 - 5 <http://www.edu.delfa.net> – кабинет физики Санкт-Петербургской академии постдипломного педагогического образования;
 - 6 <http://www.phys.spb.ru> – сайт физического факультета СПбГУ;
 - 7 <http://genphys.phys.msu.ru/rus/edu/mech.php>
 - 8 <https://ocw.mit.edu/courses/physics/8-01-classical-mechanics-fall-2016/>