

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Смоленский государственный университет»

Кафедра физики и технических дисциплин

«Утверждаю»
Проректор по учебно-
методической работе
Устименко Ю.А.
«23» июня 2022 г.

Рабочая программа дисциплины
Б1.В.05 Практикум по решению физических задач

Направление подготовки: **44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)**

Направленность (профиль): **Физика. Информатика**

Форма обучения: очная

Курс – 4

Семестр – 7, 8

Всего зачетных единиц – 5 часов – 180

Форма отчетности: зачёт – 7, 8 семестр

Программу разработал
старший преподаватель И.М. Семенович

Одобрена на заседании кафедры
«16» июня 2022 г., протокол № 12

Заведующий кафедрой _____ А.В. Дюндин

Смоленск
2022

1. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина «Практикум по решению физических задач» изучается в 7 и 8 семестрах и включена в формируемую участниками образовательных отношений часть раздела «Дисциплины (модули)» учебного плана направления подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки) (профиль «Физика. Информатика»).

При изучении данной дисциплины необходимы компетенции студентов, сформированные при изучении школьного курса физики, а также таких дисциплин, как «Общая и экспериментальная физика», «Математический анализ», «Избранные вопросы курса физики» и др.

В результате изучения дисциплины «Практикум по решению физических задач» студент приобретает знания и умения, необходимые изучения дисциплин «Олимпиадные задачи по физике», «Задачи ЕГЭ по физике повышенной сложности».

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индикаторы достижения
ПК-5. Способен использовать научные знания в предметной области (физика) в процессе формирования предметной компетенции обучающихся в рамках реализации основной общеобразовательной программы	Знать: современное состояние и перспективы развития физики как учебной дисциплины, направления развития школьного физического образования, теоретические основы обучения физике, принципы построения методической системы обучения физике, основные линии школьного курса физики, их структуру, содержание и роль, этапы формирования физических понятий, методические подходы к изучению основных тем школьного курса физики; Уметь: анализировать и интерпретировать содержание физических понятий, теорем, задач, разрабатывать фрагменты уроков, организовывать образовательный процесс обучения физике, конструировать методику введения понятий, изучения теорем, решения задач; Владеть: основными приемами организации деятельности школьников по изучению физики, навыками разработки методики изучения частных вопросов обучения физики, исследовательскими методами в профессиональной деятельности.

3. Содержание дисциплины

Семестр 7

1. Электростатическое поле в вакууме и веществе. Электрический заряд. Закон Кулона. Потенциал и напряженность электростатического поля. Принцип суперпозиции полей и его вывод. Теорема Гаусса. Конденсатор. Соединение конденсаторов. Энергия электрического поля. Плотность энергии электрического поля. Электризация проводника. Электрическое поле в диэлектрике.
2. Законы постоянного тока. Электрический ток. Сила тока, напряжение, сопротивление. Закон Ома. Параллельное и последовательное соединение проводников. ЭДС. Закон Ома для полной цепи. Правила Кирхгофа. Расчет разностей потенциалов в разветвленных электрических цепях. Примеры расчета цепей с помощью правил Кирхгофа и обобщенного закона Ома. Проводимость металлов. Зависимость проводимости от температуры.
3. Магнитостатическое поле в вакууме и веществе. Действия магнитного поля. Силы Ампера и Лоренца. Индукция магнитного поля. Теорема Стокса. Поле постоянного

- магнита. Магнитное поле в веществе. Диамагнетики и парамагнетики. Магнитная проницаемость. Намагниченность. Природа ферромагнетизма.
4. Электромагнитная индукция. Закон электромагнитной индукции Фарадея. Индукционный ток и его направление. Правило Ленца. Явление самоиндукции. Токи Фуко. Индуктивность. Энергия проводника с током. Энергия магнитного поля.
 5. Электромагнитные колебания. Колебательный контур. Уравнение колебаний. Энергия электромагнитных колебаний. Затухающие колебания. Решение задач на расчет параметров колебательных систем. Закон Ома для цепи переменного тока. Векторные диаграммы. Мощность в цепи переменного тока.
 6. Электромагнитные волны. Волновое уравнение. Излучение и регистрация электромагнитных волн. Вектор Умова-Пойтинга. Распространение электромагнитных волн.
 7. Геометрическая оптика. Прямолинейность распространения света. Законы преломления и отражения света. Построение изображения протяженного объекта в плоском зеркале и сферическом зеркале. Линзы. Формула тонкой линзы. Увеличение линзы. Построение изображений протяженных объектов в линзе. Оптические системы телескопа, микроскопа, бинокля и проекционного аппарата.
 8. Волновая оптика. Интерференция. Когерентные волны. Дифракция. Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракционная решетка. Разрешающая способность оптических приборов. Поляризация света. Дисперсия света. Зависимость показателя преломления от длины волны. Спектральный состав света. Поглощение, отражение и пропускание света.
 9. Элементы квантовой оптики. Взаимодействие света с веществом. Фотоэлектрический эффект и его объяснение. Излучение черного тела. Понятие о квантах. Давление света. Корпускулярно-волновой дуализм. Эффект Комптона. Фотолюминесценция и правило Стокса. Фотохимическое действие света. Тормозное рентгеновское излучение.
 10. Физика атома. Спектральные закономерности излучения атомов. Теория атома Резерфорда. Постулаты Бора. Волновые свойства частиц. Волновая функция. Принцип неопределенности. Уравнение Шредингера. Квантовые числа. Многоэлектронные атомы. Характеристические рентгеновские спектры. Закон Мозли.
 11. Физика атомного ядра. Состав и характеристики атомного ядра. Размеры ядра. Теории строения ядра. Масса и энергия связи. Ядерные силы. Радиоактивность. Применение энергии атома.

Семестр 8

1. Кинематика материальной точки. Координатный и векторный способы описания движения. Траектория, путь, перемещение, скорость и ускорение. Прямолинейное равномерное и равноускоренное движение материальной точки. Криволинейное движение материальной точки, нормальное и тангенциальное ускорение. Движение материальной точки по окружности.
2. Динамика материальной точки. Взаимодействие тел. Инерциальные и неинерциальные системы отсчета. Сила, принцип независимого действия сил. Масса гравитационная и инертная. Законы Ньютона. Уравнения движения.
3. Законы сохранения в механике. Импульс материальной точки и системы материальных точек. Закон сохранения и изменения импульса. Работа сил, мощность, механическая энергия. Кинетическая и потенциальная энергия. Закон сохранения и изменения энергии.
4. Кинематика и динамика твердого тела. Кинематика поступательного и вращательного движения твердого тела. Динамика поступательного движения. Центр масс, теорема о движении центра масс. Момент инерции твердого тела. Момент силы. Основное уравнение динамики для вращательного движения твердого тела. Момент импульса

твёрдого тела относительно оси его вращения. Закон сохранения момента импульса при вращательном движении. Условия равновесия твёрдого тела.

5. Механические колебания. Колебательное движение. Основные величины, характеризующие колебательное движение: амплитуда, частота, период, фаза. Гармонические колебания. Маятники. Свободные и затухающие колебания маятников. Вынужденные колебания.
6. Основное уравнение МКТ идеального газа. Средняя квадратичная скорость молекул. Средняя кинетическая энергия движения молекул. Газовые законы. Число степеней свободы. Внутренняя энергия идеального газа. Молярная и удельная теплоёмкость идеального газа.
7. Явления переноса в газах. Средняя длина свободного пробега молекул. Эффективный диаметр молекул. Диффузия, вязкость и теплопроводность газов.
8. Первое начало термодинамики. Два способа изменения внутренней энергии: работа и теплообмен. Количество теплоты. Применение первого закона термодинамики к изопараметрическим процессам.
9. Энтропия. Изменение энтропии при термодинамических процессах.
10. Фазовые переходы. Уравнение теплового баланса. Насыщенный пар. Влажность.
11. Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса.
12. Жидкости и их свойства. Поверхностное натяжение. Капиллярные явления.

4. Тематический план

№ п/п	Разделы и темы	Всего часов	Формы занятий				
			лекции	семинары	практические занятия	лабораторные занятия	самостоятельная работа
Семестр 7							
1	Электростатическое поле в вакууме и веществе	10	–	–	4	–	6
2	Законы постоянного тока	10	–	–	4	–	6
3	Магнитостатическое поле в вакууме и веществе	10	–	–	4	–	6
4	Электромагнитная индукция	10	–	–	4	–	6
5	Электромагнитные колебания	10	–	–	4	–	6
6	Электромагнитные волны	10	–	–	4	–	6
7	Геометрическая оптика	10	–	–	4	–	6
8	Волновая оптика	12	–	–	6	–	6
9	Элементы квантовой оптики	12	–	–	6	–	6
10	Физика атома	6	–	–	4	–	2
11	Физика атомного ядра	6	–	–	4	–	2
Итого за семестр		108	–	–	48	–	60
Семестр 8							
1	Кинематика материальной точки	8	–	–	6	–	2
2	Динамика	8	–	–	6	–	2

	материальной точки						
3	Законы сохранения в механике	8	–	–	6	–	2
4	Кинематика и динамика твердого тела	6	–	–	4	–	2
5	Механические колебания	6	–	–	4	–	2
6	Основное уравнение МКТ идеального газа	8	–	–	6	–	2
7	Явления переноса в газах	6	–	–	4	–	2
8	Первое начало термодинамики.	8	–	–	6	–	2
9	Энтропия	4	–	–	2	–	2
10	Фазовые переходы	4	–	–	2	–	2
11	Реальные газы	4	–	–	2	–	2
12	Жидкости и их свойства	4	–	–	2	–	2
Итого за семестр		72	–	–	48	–	24
Итого		180	–	–	96	–	84

5. Виды образовательной деятельности

Занятия лекционного типа

Не предусмотрены.

Практические занятия

Семестр 8

Занятие 1. (4 часа)

Тема: Электростатическое поле в вакууме и веществе

Вопросы для обсуждения:

1. Закон Кулона и границы его применимости.
2. Напряженность электростатического поля. Принцип суперпозиции полей.
3. Расчет полей равномерно заряженной плоскости, сферы и нити.
4. Поляризация. Электростатическое поле в веществе.
5. Электризация. Электрическое поле в присутствии проводников.
6. Потенциал электростатического поля. Физический смысл потенциала.
7. Электрическая емкость.

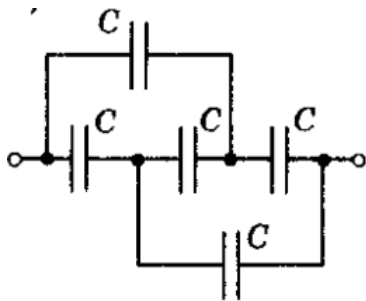
Задачи для решения:

1. Два точечных заряда q и $4q$ находятся на расстоянии l друг от друга. Какой заряд нужно поместить и на каком расстоянии от первого заряда, чтобы вся система находилась в состоянии равновесия? Будет ли равновесие устойчивым?
2. Полусфера равномерно заряжена с поверхностной плотностью σ . Определите напряжённость в центре полусферы.
3. Два электрических заряда $q_1 = q$ и $iq_2 = -2q$ расположены друг от друга на расстоянии $l = 6a$. Найти геометрическое место точек, в которых потенциал поля равен нулю, в какой-нибудь из плоскостей, проходящих через заряды.
4. Заряд маленького шарика $q = 1 \cdot 10^{-8}$ Кл. шарик находится на расстоянии $a = 3$ см от плоской металлической заземлённой стенки. С какой силой они взаимодействуют?

- Внутри шара из однородного изотропного диэлектрика с проницаемостью $\epsilon = 5$ создано однородное электрическое поле напряжённости $E = 100 \frac{\text{В}}{\text{м}}$. Радиус шара $R = 3$ см. Найти максимальную поверхностную плотность связанных зарядов.
- У плоского конденсатора, заполненного твёрдым диэлектриком с диэлектрической проницаемостью ϵ , одну пластину отодвигают от диэлектрика на расстояние, равное половине толщины диэлектрического слоя. При каком значении ϵ ёмкость конденсатора изменится в два раза?

Задачи для самостоятельного решения:

- Тонкое полукольцо радиуса $R = 20$ см заряжено равномерно зарядом $q = 0,70$ нКл. Найти модуль напряжённости электрического поля в центре кривизны полукольца.
- Найти потенциал электростатического поля $\vec{E} = a(y\vec{i} + x\vec{j})$, где a – постоянная, \vec{i} и \vec{j} орты координатных осей.
- Найти потенциал проводящей сферы, вне которой на расстоянии l от её центра находится точечный заряд q .
- Найти ёмкость системы конденсаторов.



Занятие 2. (4 часа)

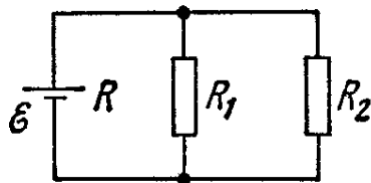
Тема: Законы постоянного тока

Вопросы для обсуждения:

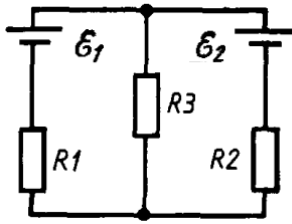
- Соединение проводников.
- Закон Ома для полной цепи.
- Работа и мощность тока в цепи с ЭДС
- Потенциал, напряжение и ЭДС. Обобщенный закон Ома.
- Правила Кирхгофа и их вывод.
- Конденсатор в цепи постоянного тока.

Задачи для решения:

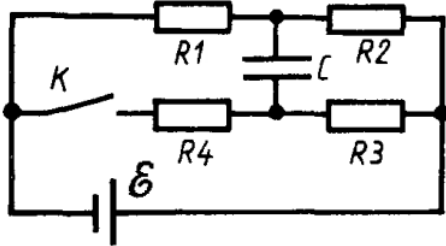
- Найти сопротивление проволочного каркаса, имеющего форму куба. Сопротивление каждого ребра каркаса равно R . Рассмотреть все возможные способы подключения.
- Электрическая цепь состоит из источника и двух резисторов. Найти силы токов, текущих через резисторы, если ЭДС источника $\mathcal{E} = 5$ В, внутреннее сопротивление источника $r = 0,1$ Ом, сопротивления резисторов $R_1 = 4$ Ом и $R_2 = 6$ Ом.



- Найти силы токов, текущих во всех участках цепи, если $\mathcal{E}_1 = 24$ В, $\mathcal{E}_2 = 18$ В, $R_1 = 20$ Ом, $R_2 = R_3 = 2$ Ом. Внутренним сопротивлением источников пренебречь.

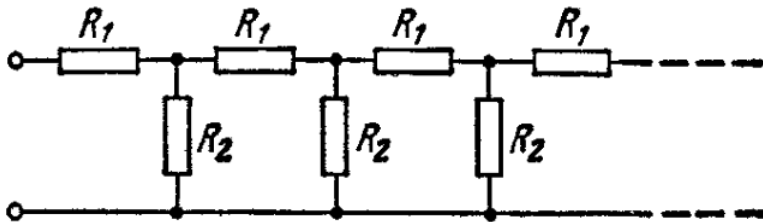


- Лампа, включенная в цепь с напряжением $U_1 = 200$ В, потребляет мощность $P_1 = 40$ Вт и ярко горит, причём температура нити накала $t_1 = 3000^\circ\text{C}$. При включении в сеть с напряжением $U_2 = 100$ В лампа потребляет мощность $P_2 = 25$ Вт и еле светится, так как температура нити накала при этом равна $t_2 = 1000^\circ\text{C}$. Найти сопротивление нити накала при температуре $t = 0^\circ\text{C}$.
- Конденсатор ёмкостью $C = 10$ мкФ включен в цепь постоянного тока. Определить изменение заряда на конденсаторе при замыкании ключа К. $R_1 = 2$ Ом, $R_2 = R_4 = 1$ Ом, $R_3 = 5$ Ом, $\mathcal{E} = 10$ В.

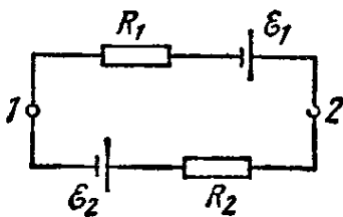


Задачи для самостоятельного решения:

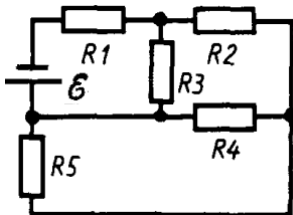
- Найти электрическое сопротивление бесконечной цепи. Сопротивления резисторов $R_1 = 4$ Ом, $R_3 = 3$ Ом.



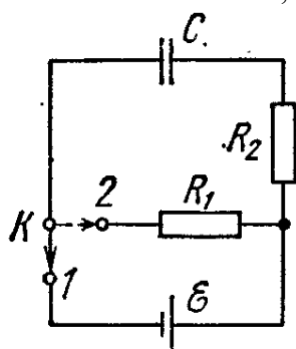
- Найти разность потенциалов между точками 1 и 2 электрической цепи. $R_1 = 10$ Ом, $R_2 = 20$ Ом, $\mathcal{E}_1 = 5$ В, $\mathcal{E}_2 = 2$ В. Внутренние сопротивления источников пренебрежимо малы.



- В электрической цепи известны сопротивления всех резисторов и сила тока I_4 , текущего через резистор R_4 . Определить ЭДС источника. Внутреннее сопротивление источника пренебрежимо мало.



4. Конденсатор ёмкостью $C = 5 \text{ мкФ}$ подключили к источнику с постоянной ЭДС $\mathcal{E} = 200 \text{ В}$. Затем переключатель перевели из положения 1 в положение 2. Найти количество теплоты, выделившееся на резисторе R_1 , если $R_1 = 500 \text{ Ом}$, $R_2 = 330 \text{ Ом}$.



Занятие 3. (4 часа)

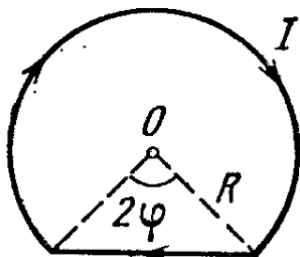
Тема: Магнитостатическое поле в вакууме и веществе

Вопросы для обсуждения:

1. Индукция магнитного поля.
2. Сила Ампера и ее применение.
3. Сила Лоренца.
4. Расчет полей прямого и кольцевого токов.

Задачи для решения:

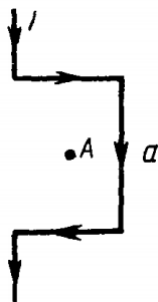
1. Ток силой $I = 5 \text{ А}$ течёт по тонкому проводнику, одна часть которого дуга окружности радиуса $R = 12 \text{ см}$, а другая часть – отрезок. Определить индукцию магнитного поля в точке O . $2\varphi = 90^\circ$.



2. В тонкой трубе радиусом $R = 5 \text{ см}$ сила тока 100 А . определить магнитную индукцию поля в центре трубы и вне трубы на расстоянии 5 см от её поверхности.
3. На каркас длиной $l = 10 \text{ см}$ и диаметром $d = 5 \text{ см}$ намотано 150 витков провода. Через середину каркаса в направлении одного из диаметров проходит медный проводник с силой тока $I_1 = 5 \text{ А}$. Считая магнитное поле внутри средней части соленоида однородным, определить силу, с которой оно действует на участок проводника внутри каркаса, если сила тока в соленоиде $I_2 = 1 \text{ А}$.
4. Электрон движется в магнитном поле, индукция которого 2 мТл , по винтовой линии радиусом 2 см и шагом 5 см . Определить скорость электрона.
5. Тонкая медная лента толщиной $d = 0,1 \text{ мм}$ помещена в однородное магнитное поле с индукцией $0,9 \text{ Тл}$ так, что плоскость ленты перпендикулярна силовым линиям поля. В ленте сила тока 10 А . Определить разность потенциалов, возникающую вдоль ширины ленты, считая, что в меди имеется по одному свободному электрону на каждый атом.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Найти силу тока в бесконечно длинном проводнике, который имеет квадратный изгиб со стороной $a = 40 \text{ см}$, если модуль магнитной индукции поля в точке A , расположенной в центре квадрата, 63 мкТл .



2. В тонкостенной длинной трубе сила тока $I = 5$ А. По оси трубы расположен тонкий проводник, по которому течёт такой же ток в обратном направлении. Найти индукцию магнитного поля в точках, расположенных внутри трубы на расстоянии $r_1 = 2$ см и вне трубы на расстоянии $r_2 = 12$ см от оси трубы.
3. В поле бесконечно длинного прямолинейного проводника, в котором сила тока $I_1 = 20$ А, находится квадратная рамка со стороной $a = 10$ см, в которой сила тока $I_2 = 1$ А. Проводник и рамка расположены в одной плоскости так, что две стороны рамки перпендикулярны к проводнику. Расстояние от проводника до ближайшей стороны рамки $l = 5$ см. Определить силу, действующую на рамку.
4. Однородное электрическое и магнитное поля направлены взаимно перпендикулярно. Напряжённость электрического поля $E = 3$ В/см, индукция магнитного поля $B = 0,1$ мТл. Каковы должны быть модуль скорости электрона и её направление, чтобы траектория была прямолинейна?

Занятие 4. (4 часа)

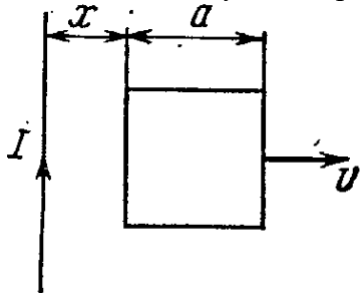
Тема: Электромагнитная индукция

Вопросы для обсуждения:

1. Закон электромагнитной индукции. Самоиндукция.
2. Правило Ленца.
3. ЭДС индукции в движущемся проводнике (поступательное и вращательное движение).
4. Индуктивность. Энергия магнитного поля.

Задачи для решения:

1. Квадратная рамка со стороной a и длинный прямой провод с током I находятся в одной плоскости. Рамку поступательно перемещают вправо с постоянной скоростью v . Найти ЭДС индукции в рамке как функцию расстояния x .



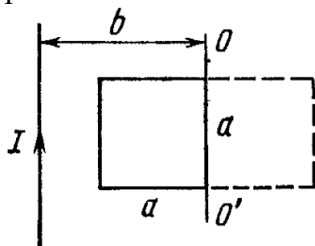
2. Чему равна индукция однородного магнитного поля, если при вращении в нём прямолинейного проводника длиной $0,2$ м вокруг одного из его концов с угловой скоростью $\omega = 50$ с⁻¹ на концах проводника возникает разность потенциалов $0,2$ В?
3. Плоский контур из тонких проводов находится в однородном магнитном поле, вектор индукции которого направлен перпендикулярно плоскости чертежа от наблюдателя. Индукцию поля начали уменьшать. Найти направление индукционных токов в контуре.



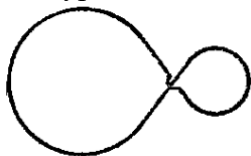
4. П-образный проводник находится в однородном магнитном поле, перпендикулярном к плоскости проводника и изменяющемся со скоростью $0,1 \text{ Тл/с}$. Вдоль параллельных сторон этого проводника перемещают без начальной скорости проводник-перемычку с ускорением 10 см/с^2 . Длина перемычки 20 см . найти ЭДС индукции в контуре через 2 с после начала перемещения, если в момент $t = 0$ площадь контура и индукция магнитного поля равны нулю. Индуктивностью контура пренебречь.
5. Найти индуктивность единицы длины кабеля, представляющего собой два тонкостенных коаксиальных металлических цилиндра, если радиус внешнего цилиндра в $3,6$ раза больше, чем радиус внутреннего. Магнитную проницаемость среды между цилиндрами считать равной единице.
6. На железный тор намотано 500 витков. Найти энергию магнитного поля, если при токе 2 А магнитный поток через поперечное сечение тора равен 1 мВб .

Задачи для самостоятельного решения:

1. Квадратная проволочная рамка со стороной a и прямой проводник с постоянным током I лежат в одной плоскости. Индуктивность и сопротивление рамки равны L и R . Рамку повернули на 180° вокруг оси OO' , отстоящей от проводника с током на расстоянии b . Найти заряд, протекший по рамке.



2. Определить разность потенциалов, возникающую на концах вертикальной автомобильной антенны длиной $1,2 \text{ м}$ при движении автомобиля с востока на запад в магнитном поле Земли со скоростью 20 м/с . Горизонтальная составляющая земного магнитного поля $B_0 = 20 \text{ мкТл}$.
3. Плоский контур из тонких проводов находится в однородном магнитном поле, вектор индукции которого направлен перпендикулярно плоскости чертежа от наблюдателя. Индукцию поля начали уменьшать. Найти направление индукционных токов в контуре.



4. На круглом деревянном цилиндре имеется обмотка из медной проволоки, масса которой 50 г . Расстояние между крайними витками 60 см много больше диаметра цилиндра. Сопротивление обмотки 30 Ом . Какова её индуктивность?

Занятие 5. (4 часа)

Тема: Электромагнитные колебания

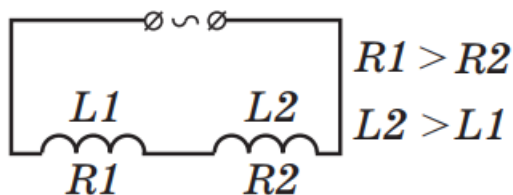
Вопросы для обсуждения:

1. Вывод формулы Томсона.
2. Гармонические электромагнитные колебания в колебательном контуре.
3. Переменный электрический ток.

4. Работа и мощность переменного тока.

Задачи для решения:

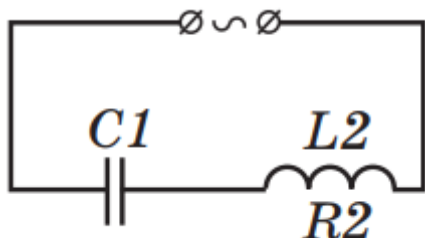
1. Начертить векторные диаграммы напряжений и токов для схемы.



2. Конденсатор ёмкостью 5 мкФ и проводник сопротивлением 150 Ом включены последовательно в цепь переменного тока с напряжением 120 В и частотой 50 Гц. Определить максимальное и эффективное значение силы тока, сдвиг фаз между током и напряжением, а также эффективную мощность.
3. Резонансная частота колебательного контура, состоящего из последовательно соединённых конденсатора и катушки индуктивности, $\nu_0 = 4$ кГц. Определить индуктивность катушки, если полное сопротивление, оказываемое этим контуром переменному току частотой $\nu = 1$ кГц, равно $Z = 1$ кОм, а активное сопротивление катушки $R = 10$ Ом.
4. Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью 30 мкГн и сопротивлением 1 Ом и конденсатора ёмкостью 2,2 нФ. Какую мощность должен потреблять контур, чтобы в нём поддерживались незатухающие колебания, при которых максимальное напряжение на конденсаторе равно 0,5 В?
5. Определить частоту собственных колебаний колебательного контура, содержащего конденсатор ёмкостью $C = 0,5$ мкФ, если максимальная разность потенциалов на его обкладках достигает 100 В, а максимальная сила тока в катушке равна 50 мА. Активным сопротивлением катушки пренебречь.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Начертить векторные диаграммы напряжений и токов для схемы.



2. Определить эффективное значение силы тока, эффективную мощность и сдвиг фаз между током и напряжением, если проводник сопротивлением 150 Ом и конденсатор ёмкостью 5 мкФ включены параллельно в цепь переменного тока напряжением 120 В и частотой 50 Гц.
3. В цепь переменного тока с частотой 50 Гц и амплитудным напряжением 180 В подключены последовательно конденсатор и катушка индуктивности. Активное сопротивление катушки $R = 40$ Ом, индуктивность $L = 0,36$ Гн. При каком значении ёмкости конденсатора амплитуда напряжения на катушке будет максимальной? Чему равна эта амплитуда и соответствующая амплитуда напряжений на конденсаторе?
4. Батарея, состоящая из двух конденсаторов ёмкостью по 2 мкФ каждый, разряжается через катушку ($L = 1$ мГн, $R = 50$ Ом). Возникнут ли при этом колебания, если конденсаторы соединены: а) параллельно? б) последовательно?

Занятие 6. (4 часа)

Тема: Электромагнитные волны

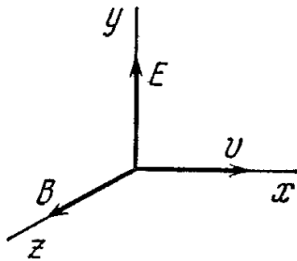
Вопросы для обсуждения:

1. Условия излучения электромагнитных волн.
2. Связь электрической и магнитной составляющих электромагнитной волны.
3. Изменение длины волны при переходе из одной среды в другую.

Задачи для решения:

1. Плоская электромагнитная волна $\vec{E} = \vec{E}_m \cos(\omega t - \vec{k}\vec{r})$ распространяется в вакууме. Считая векторы \vec{E}_m и \vec{k} известными, найти вектор \vec{H} как функцию времени в точке $\vec{r} = 0$.
2. Найти средний вектор Пойтинга у плоской электромагнитной волны $\vec{E} = \vec{E}_m \cos(\omega t - \vec{k}\vec{r})$, если волна распространяется в вакууме.
3. Найти мощность излучения нерелятивистской частицы с зарядом e и массой m , движущейся по круговой орбите радиуса R в поле неподвижного точечного заряда.
4. Исходя из уравнений Максвелла показать, что для плоской электромагнитной волны, распространяющейся в вакууме,

$$\frac{\partial E}{\partial t} = -c^2 \frac{\partial B}{\partial x}, \quad \frac{\partial B}{\partial t} = -\frac{\partial E}{\partial x}$$



5. Показать, что на границе раздела двух сред нормальные составляющие вектора Пойтинга не терпят разрывов.
6. Электромагнитная волна, излучаемая элементарным диполем, распространяется в вакууме так, что в волновой зоне на луче, перпендикулярном к оси диполя, на расстоянии r от него, среднее значение плотности потока энергии равно S_0 . Найти среднюю мощность излучения диполя.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Электромагнитная волна с частотой 3 МГц переходит из вакуума в немагнитную среду с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 4$. Найти приращение её длины.
2. В вакууме распространяется плоская электромагнитная волна $\vec{E} = \vec{E}_m \cos(\omega t - \vec{k}\vec{r})$ где $\vec{E}_m = E_m \vec{e}_y$, $\vec{k} = k \vec{e}_x$, \vec{e}_x , \vec{e}_y — орты осей x , y . Найти вектор \vec{H} в точке с радиус-вектором $\vec{r} = x \vec{e}_x$ в момент: а) $t = 0$; б) $t = t_0$. Рассмотреть случай, когда $E_m = 160$ В/м, $k = 0,51$ м⁻¹, $x = 7,7$ м и $t_0 = 33$ нс.
3. Найти среднюю мощность излучения электрона, совершающего гармонические колебания с амплитудой $a = 0,1$ нм и частотой $\omega = 6,5 \cdot 10^{14}$ с⁻¹.
4. Средняя мощность, излучаемая элементарным диполем, равна P_0 . Найти среднюю объёмную плотность энергии электромагнитного поля в вакууме в волновой зоне на луче, перпендикулярном к оси диполя, на расстоянии r от него.

Занятие 7.

Тема: Законы геометрической оптики. Зеркала.

Вопросы для обсуждения:

1. Законы отражения и преломления света.
2. Построение изображения в плоском зеркале.
3. Построение изображения в сферическом зеркале.

Задачи для решения:

1. Луч падает на поверхность воды под углом 40° . Под каким углом он должен падать на поверхность стекла, чтобы угол преломления оставался таким же? Показатель преломления воды 1,33, стекла – 1,5.
2. Мальчик пытается попасть палкой в камень, который лежит на дне водоема глубиной 50 см. На каком расстоянии от камня воткнется в дно палка, если мальчик держит ее под углом 45° к поверхности во-ды? Коэффициент преломления воды 1,33.
3. Луч света падает на грань стеклянной призмы перпендикулярно ее поверхности и выходит из противоположной грани, отклонившись на угол $\alpha=25^\circ$ от первоначального направления. Определить преломляющий угол θ призмы.
4. 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.
5. 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.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Солнечный луч образует угол 48° с поверхностью стола. Как необходимо расположить зеркало, чтобы изменить направление луча на противоположное?
2. Луч падает на плоскопараллельную пластинку под углом 45° . Определите толщину этой пластинки, если смещение луча (по сравнению с первоначальным направлением) после выхода из пластинки равно 2 см. Показатель преломления материала пластинки равен 1,8.
3. Преломляющий угол θ стеклянной призмы равен 30° . Луч света падает на грань призмы перпендикулярно ее поверхности и выходит в воздух из другой грани, отклоняясь на угол $\sigma=20^\circ$ от первоначального направления. Определить показатель преломления n стекла.
4. Луч света падает на двугранное зеркало. Постройте ход отраженного луча, используя линейку и циркуль. Как определить количество отражений, которое испытает луч в двугранном зеркале?
5. Радиус R кривизны выпуклого зеркала равен 50 см. Предмет высотой $h=15$ см находится на расстоянии a , равном 1 м, от зеркала. Определить расстояние b от зеркала до изображения и его высоту H .

Занятие 8.

Тема: Построение изображения в линзе.

Вопросы для обсуждения:

1. Построение изображения в собирающей линзе.
2. Построение изображения в рассеивающей линзе.
3. Формула тонкой линзы и правило знаков.
4. Увеличение линзы.

Задачи для решения:

1. Выполните построение сходящегося пучка лучей, падающих на рассеивающую или собирающую линзу.
2. Двояковыпуклая линза имеет одинаковые радиусы кривизны поверхностей. При каком радиусе кривизны R поверхностей линзы главное фокусное расстояние f ее будет равно 20 см?
3. Главное фокусное расстояние f собирающей линзы в воздухе равно 10 см. Определить, чему оно равно: 1) в воде; 2) в коричном масле.

4. Расстояние от предмета до экрана равно 5 м. Определите оптическую силу линзы и расстояние от линзы до предмета, чтобы с ее помощью получить на экране увеличенное в 4 раза изображение предмета.
5. Каково наименьшее возможное расстояние l между предметом и его действительным изображением, создаваемым собирающей линзой с главным фокусным расстоянием $f=12$ см?

Задачи для самостоятельного решения:

1. Выполните построение хода произвольного луча, падающего на собирающую или рассеивающую линзу.
2. Линза изготовлена из стекла, показатель преломления которого для красных лучей $n_k=1,50$, для фиолетовых $n_f=1,52$. Радиусы кривизны R обеих поверхностей линзы одинаковы и равны 1 м. Определить расстояние Δf между фокусами линзы для красных и фиолетовых лучей.
3. Действительное изображение предмета, полученное с помощью собирающей линзы, находится от нее на расстоянии 80 см. Собирающую линзу заменяют рассеивающей с таким же фокусным расстоянием. В этом случае изображение находится на расстоянии 20 см от линзы. Определите фокусное расстояние линз и увеличение в каждом случае.
4. Точечный источник света находится на расстоянии L от экрана. Собирающую линзу с фокусным расстоянием $F > L/4$, параллельную экрану, перемещают между источником и экраном. При каком положении линзы относительно источника диаметр пятна, видимого на экране, будет минимальным?
5. Фокусное расстояние f_1 объектива микроскопа равно 8 мм, окуляра $f_2=4$ см. Предмет находится на $\Delta a=0,5$ мм дальше от объектива, чем главный фокус. Определить увеличение Γ микроскопа.

Занятие 9.

Тема: Интерференция света.

Вопросы для обсуждения:

1. Интерференция света и условия ее наблюдения.
2. Способы получения интерференционной картины.
3. Интерференция в тонких пленках.
4. Интерферометры.

Задачи для решения:

1. Расстояние d между двумя щелями в опыте Юнга равно 1 мм, расстояние l от щелей до экрана равно 3 м. Определить длину волны λ , испускаемой источником монохроматического света, если ширина b полос интерференции на экране равна 1,5 мм.
2. В опыте с зеркалами Френеля расстояние d между мнимыми изображениями источника света равно 0,5 мм, расстояние l от них до экрана равно 3 м. Длина волны $\lambda=0,6$ мкм. Определить ширину b полос интерференции на экране.
3. На мыльную пленку ($n=1,3$), находящуюся в воздухе, падает нормально пучок лучей белого света. При какой наименьшей толщине d пленки отраженный свет с длиной волны $\lambda=0,55$ мкм окажется максимально усиленным в результате интерференции?
4. 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 мм.
5. 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.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Оптическая разность хода Δ двух интерферирующих волн монохроматического света равна $0,3\lambda$. Определить разность фаз $\Delta\varphi$.
2. Расстояние d между двумя когерентными источниками света ($\lambda=0,5$ мкм) равно $0,1$ мм. Расстояние b между интерференционными полосами на экране в средней части интерференционной картины равно 1 см. Определить расстояние l от источников до экрана.
3. Между двумя плоскопараллельными стеклянными пластинками положили очень тонкую проволочку, расположенную параллельно линии соприкосновения пластинок и находящуюся на расстоянии $l=75$ мм от нее. В отраженном свете ($\lambda=0,5$ мкм) на верхней пластинке видны интерференционные полосы. Определить диаметр d поперечного сечения проволочки, если на протяжении $a=30$ мм насчитывается $m=16$ светлых полос.
4. Диаметр d_2 второго светлого кольца Ньютона при наблюдении в отраженном свете ($\lambda=0,6$ мкм) равен $1,2$ мм. Определить оптическую силу D плосковыпуклой линзы, взятой для опыта.
5. В оба пучка света интерферометра Жамена были помещены цилиндрические трубки длиной $l=10$ см, закрытые с обоих концов плоскопараллельными прозрачными пластинками; воздух из трубок был откачан. При этом наблюдалась интерференционная картина в виде светлых и темных полос. В одну из трубок был впущен водород, после чего интерференционная картина сместилась на $m=23,7$ полосы. Найти показатель преломления n водорода. Длина волны λ света равна 590 нм.

Занятие 10.

Тема: Дифракция света.

Вопросы для обсуждения:

1. Дифракционные явления и их наблюдение.
2. Дифракция Френеля.
3. Дифракционная решетка.
4. Дифракционный характер изображения.
5. Разрешающая способность оптических приборов и ее повышение.

Задачи для решения:

1. Плоская световая волна ($\lambda=0,7$ мкм) падает нормально на диафрагму с круглым отверстием радиусом $r=1,4$ мм. Определить расстояния b_1 , b_2 , b_3 от диафрагмы до трех наиболее удаленных от нее точек, в которых наблюдаются минимумы интенсивности.
2. Дифракционная решетка содержит $n=200$ штрихов на 1 мм. На решетку падает нормально монохроматический свет ($\lambda=0,6$ мкм). Максимум какого наибольшего порядка дает эта решетка?
3. При освещении дифракционной решетки белым светом спектры второго и третьего порядков отчасти перекрывают друг друга. На какую длину волны в спектре второго порядка накладывается фиолетовая граница ($\lambda=0,4$ мкм) спектра третьего порядка?
4. С помощью дифракционной решетки с периодом $d=20$ мкм требуется разрешить дублет натрия ($\lambda_1=589,0$ нм и $\lambda_2=589,6$ нм) в спектре второго порядка. При какой наименьшей длине l решетки это возможно?
5. Диаметр D объектива телескопа равен 8 см. Каково наименьшее угловое расстояние β между двумя звездами, дифракционные изображения которых в фокальной плоскости

объектива получаются раздельными? При малой освещенности глаз человека наиболее чувствителен к свету с длиной волны $\lambda=0,5$ мкм.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Плоская световая волна падает нормально на диафрагму с круглым отверстием. В результате дифракции в некоторых точках оси отверстия, находящихся на расстояниях b_i от его центра, наблюдаются максимумы интенсивности. 1. Получить вид функции $b=f(r, \lambda, n)$, где r -радиус отверстия; λ -длина волны; n -число зон Френеля, открываемых для данной точки оси отверстием. 2. Сделать то же самое для точек оси отверстия, в которых наблюдаются минимумы интенсивности.
2. На дифракционную решетку, содержащую $n=100$ штрихов на 1 мм, падает нормально монохроматический свет. Зрительная труба спектрометра наведена на максимум третьего порядка. Чтобы навести трубу на другой максимум того же порядка, ее нужно повернуть на угол $\Delta\varphi=20^\circ$. Определить длину волны λ света.
3. На дифракционную решетку, содержащую $n=500$ штрихов на 1 мм, падает в направлении нормали к ее поверхности белый свет. Спектр проецируется помещенной вблизи решетки линзой на экран. Определить ширину b спектра первого порядка на экране, если расстояние L линзы до экрана равно 3 м. Границы видимости спектра $\lambda_{кр}=780$ нм, $\lambda_{ф}=400$ нм.
4. На шпилье высотного здания укреплены одна под другой две красные лампы ($\lambda=640$ нм). Расстояние d между лампами 20 см. Здание рассматривают ночью в телескоп с расстояния $r=15$ км. Определить наименьший диаметр D_{min} объектива, при котором в его фокальной плоскости получатся раздельные дифракционные изображения.
5. Нормально поверхности дифракционной решетки падает пучок света. За решеткой помещена собирающая линза с оптической силой $\Phi=1$ дптр. В фокальной плоскости линзы расположен экран. Определить число n штрихов на 1 мм этой решетки, если при малых углах дифракции линейная дисперсия $D_\ell=1$ мм/нм.

Занятие 11.

Тема: Поляризация света. Дисперсия света.

Вопросы для обсуждения:

1. Поляризованный и естественный свет.
2. Способы получения поляризованного света.
3. Явление дисперсии и его объяснение.
4. Сравнение показателей преломления света для разных цветов.

Задачи для решения:

1. Анализатор в $k=2$ раза уменьшает интенсивность света, проходящего к нему от поляризатора. Определить угол α между плоскостями пропускания поляризатора и анализатора. Потерями интенсивности света в анализаторе пренебречь.
2. Во сколько раз ослабляется интенсивность света, проходящего через два николя, плоскости пропускания которых образуют угол $\alpha=30^\circ$, если в каждом из николей в отдельности теряется 10 % интенсивности падающего на него света?
3. Показатель преломления для красного света в стекле (тяжелый флинт) равен 1,6444, а для фиолетового — 1,6852. Найти разницу углов преломления в стекле данного сорта, если угол падения равен 80° .
4. Вода освещена красным светом, для которого длина волны в воздухе 0,7 мкм. Какой будет длина волны в воде? Какой цвет видит человек, открывший глаза под водой?
5. На опыте было установлено, что показатель преломления воды для крайних красных лучей в спектре видимого света равен 1,329, а для крайних фиолетовых — 1,344. Определите скорости распространения красных и фиолетовых лучей в воде.

Задачи для самостоятельного решения:

1. 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.
2. Никотин (чистая жидкость), содержащийся в стеклянной трубке длиной $d=8$ см, поворачивает плоскость поляризации желтого света натрия на угол $\varphi=137^\circ$. Плотность никотина $\rho=1,01 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$. Определить удельное вращение $[\alpha]$ никотина.
3. Угол Брюстера ε_B при падении света из воздуха на кристалл каменной соли равен 57° . Определить скорость света в этом кристалле.
4. Луч белого света падает под углом 30° на призму, преломляющий угол которой равен 45° . Определите угол между крайними лучами спектра по выходе из призмы, если показатель преломления стекла призмы для крайних лучей спектра равен 1,52 и 1,67.

Занятие 12. (4 часа)

Тема: Фотоэлектрический эффект. Тепловое излучение.

Вопросы для обсуждения:

1. Фотоэффект и его закономерности.
2. Законы теплового излучения.
3. Формула Планка и следствия из нее.

Задачи для решения:

1. На неподвижную пластину из никеля падает электромагнитное излучение, энергия фотонов которого равна 8 эВ. При этом в результате фотоэффекта из пластины вылетают электроны с максимальной кинетической энергией 3 эВ. Какова работа выхода электронов из никеля?
2. Энергия фотона, соответствующая красной границе фотоэффекта для калия, равна $7,2 \cdot 10^{-19}$ Дж. Определите максимальную кинетическую энергию фотоэлектронов, если на металл падает свет, энергия фотонов которого равна 10^{-18} Дж.
3. Принимая, что Солнце излучает как черное тело, вычислить его энергетическую светимость M_e и температуру T его поверхности. Солнечный диск виден с Земли под углом $\vartheta=32^\circ$. Солнечная постоянная $C=1,4 \text{ кДж/(м}^2 \cdot \text{с)}$.
4. С поверхности сажи площадью $S=2 \text{ см}^2$ при температуре $T=400 \text{ К}$ за время $t=5$ мин излучается энергия $W=83 \text{ Дж}$. Определить коэффициент теплового излучения ε сажи.
5. Муфельная печь потребляет мощность $P=1 \text{ кВт}$. Температура T ее внутренней поверхности при открытом отверстии площадью $S=25 \text{ см}^2$ равна 1,2 кК. Считая, что отверстие печи излучает как черное тело, определить, какая часть w мощности рассеивается стенками.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Мощность P излучения шара радиусом $R=10$ см при некоторой постоянной температуре T равна 1 кВт. Найти эту температуру, считая шар серым телом с коэффициентом теплового излучения $\varepsilon=0,25$.
2. Можно условно принять, что Земля излучает как серое тело, находящееся при температуре $T=280 \text{ К}$. Определить коэффициент теплового излучения ε Земли, если энергетическая светимость M_e ее поверхности равна $325 \text{ кДж/(м}^2 \cdot \text{ч)}$.
3. Температура верхних слоев Солнца равна 5,3 кК. Считая Солнце черным телом, определить длину волны λ_m , которой соответствует максимальная спектральная плотность энергетической светимости $(M_{\lambda, T})_{\max}$ Солнца.
4. Какая доля энергии фотона израсходована на работу вырывания фотоэлектрона, если красная граница фотоэффекта $\lambda_0=307 \text{ нм}$ и максимальная кинетическая энергия T_{\max} фотоэлектрона равна 1 эВ?

5. Максимальная скорость v_{\max} фотоэлектронов, вылетающих из металла при облучении его γ -фотонами, равна 291 Мм/с. Определить энергию ϵ γ -фотонов.

Занятие 13.

Тема: Давление света. Эффект Комптона. Тормозное рентгеновское излучение.

Вопросы для обсуждения:

1. Экспериментальное подтверждение давления света.
2. Вывод формулы давления света на основе квантовой теории.
3. Эффект Комптона.
4. Закономерности тормозного излучения.

Задачи для решения:

1. Поток энергии Φ_e , излучаемый электрической лампой, равен 600 Вт. На расстоянии $r=1$ м от лампы перпендикулярно падающим лучам расположено круглое плоское зеркальце диаметром $d=2$ см. Принимая, что излучение лампы одинаково во всех направлениях и что зеркальце полностью отражает падающий на него свет, определить силу F светового давления на зеркальце.
2. Давление p монохроматического света ($\lambda=600$ нм) на черную поверхность, расположенную перпендикулярно падающим лучам, равно 0,1 мкПа. Определить число N фотонов, падающих за время $t=1$ с на поверхность площадью $S=1$ см².
3. Рентгеновское излучение длиной волны $\lambda=55,8$ пм рассеивается плиткой графита (комpton-эффект). Определить длину волны λ' света, рассеянного под углом $\theta=60^\circ$ к направлению падающего пучка света.
4. Определить угол θ рассеяния фотона, испытавшего соударение со свободным электроном, если изменение длины волны $\Delta\lambda$ при рассеянии равно 3,62 пм.
5. Определить скорость v электронов, падающих на антикатод рентгеновской трубки, если минимальная длина волны λ_{\min} в сплошном спектре рентгеновского излучения равна 1 нм.
6. Определить коротковолновую границу λ_{\min} сплошного спектра рентгеновского излучения, если рентгеновская трубка работает под напряжением $U=30$ кВ.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Фотон с энергией $\epsilon=0,4$ мэВ рассеялся под углом $\theta=90^\circ$ на свободном электроне. Определить энергию ϵ' рассеянного фотона и кинетическую энергию T электрона отдачи.
2. Фотон с энергией $\epsilon=0,25$ МэВ рассеялся на свободном электроне. Энергия ϵ' рассеянного фотона равна 0,2 МэВ. Определить угол рассеяния θ .
3. Монохроматическое излучение с длиной волны $\lambda=500$ нм падает нормально на плоскую зеркальную поверхность и давит на нее с силой $F=10$ нН. Определить число N_1 фотонов, ежесекундно падающих на эту поверхность.
4. Параллельный пучок монохроматического света ($\lambda=662$ нм) падает на зачерненную поверхность и производит на нее давление $p=0,3$ мкПа. Определить концентрацию n фотонов в световом пучке.
5. Вычислить наибольшую длину волны λ_{\max} в К-серии характеристического рентгеновского спектра скандия.
6. При исследовании линейчатого рентгеновского спектра некоторого элемента было найдено, что длина волны λ линии K_α равна 76 пм. Какой это элемент?

Занятие 14.

Тема: Теория атома по Бору. Спектральные закономерности атома водорода.

Вопросы для обсуждения:

1. Планетарная модель строения атома и ее несостоятельность.

2. Постулаты Бора.
3. Получение выражений для спектральных закономерностей в теории Бора.
4. Сравнение теоретических и фактических спектров атома водорода.

Задачи для решения:

1. С помощью постулатов Бора дать вывод для радиуса r_n боровской орбиты электрона в водородоподобном атоме. Найти отношение $r_{\text{He}^+}/r_{\text{H}}$ радиусов боровских орбит для иона гелия He^+ и атома водорода H , находящихся в основном состоянии. Будет ли изменяться и как это отношение для возбужденных состояний тех же атомов, при одинаковых номерах n орбит?
2. Покоившийся атом водорода испустил фотон, соответствующий головной линии серии Лаймана. Какую скорость приобрел атом?
3. Найти наибольшую λ_{max} и наименьшую λ_{min} длины волн в первой инфракрасной серии спектра водорода (серии Пашена).
4. 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.
5. Определить наименьшую ε_{min} и наибольшую ε_{max} энергии фотона в ультрафиолетовой серии спектра водорода (серии Лаймана).

Задачи для самостоятельного решения:

1. Фотон с энергией $\varepsilon = 16,5$ эВ выбил электрон из невозбужденного атома водорода. Какую скорость v будет иметь электрон вдали от ядра атома?
2. Определить скорость v электрона на второй орбите атома водорода.
3. Атом водорода в основном состоянии поглотил квант света с длиной волны $\lambda = 121,5$ нм. Определить радиус r электронной орбиты возбужденного атома водорода.
4. Какие линии содержит спектр поглощения атомарного водорода в диапазоне длин волн от 94,5 до 130,0 нм?

Занятие 15.

Тема: Волновые свойства частиц.

Вопросы для обсуждения:

1. Гипотеза де Бройля и ее подтверждение.
2. Волновая функция.
3. Принцип неопределенностей для импульса.
4. Принцип неопределенности для энергии.
5. Уравнение Шредингера.

Задачи для решения:

1. Пучок электронов, ускоренных разностью потенциалов U , падает на поверхность металла, внутренний потенциал которого $U_i = 15$ В. Найти: а) показатель преломления металла для электронов с $U = 150$ В; б) отношение U/U_i , при котором показатель преломления отличается от единицы не более чем на $\eta = 1,0\%$.
2. Оценить наименьшие ошибки, с которыми можно определить скорость электрона, протона и шарика массы 1 мг, если координаты частиц и центра шарика установлены с неопределенностью 1 мкм.
3. Электрон с кинетической энергией $T \approx 4$ эВ локализован в области размером $l = 1$ мкм. Оценить с помощью соотношения неопределенностей относительную неопределенность его скорости.
4. Волновая функция частицы массы m для основного состояния в одномерном потенциальном поле $U(x) = kx^2/2$ имеет вид $\psi = Ae^{-ax^2}$, где A — нормировочный

- коэффициент, α — положительная постоянная. Найти с помощью уравнения Шредингера постоянную α и энергию E частицы в этом состоянии.
5. Волновая функция электрона в основном состоянии атома водорода имеет вид $\psi(r) = Ae^{-r/r_1}$, где A — некоторая постоянная, r_1 — первый боровский радиус. Найти: а) наиболее вероятное расстояние между электроном и ядром; б) среднее значение модуля кулоновской силы, действующей на электрон; в) среднее значение потенциальной энергии электрона в поле ядра.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Узкий пучок электронов с кинетической энергией $T = 10$ кэВ проходит через поликристаллическую алюминиевую фольгу, образуя на экране систему дифракционных колец. Вычислить межплоскостное расстояние, соответствующее отражению третьего порядка от некоторой системы кристаллических плоскостей, если ему отвечает дифракционное кольцо диаметра $D = 3,20$ см. Расстояние между экраном и фольгой $l = 10,0$ см.
2. Показать, что для частицы, неопределенность местоположения которой $\Delta x = \lambda/2\pi$, где λ — ее дебройлевская длина волны, неопределенность скорости равна по порядку величины самой скорости частицы.
3. Частица массы m движется в одномерном потенциальном поле $U = kx^2/2$ (гармонический осциллятор). Оценить с помощью соотношения неопределенностей минимально возможную энергию частицы в таком поле.
4. Частица находится в двумерной прямоугольной потенциальной яме с абсолютно непроницаемыми стенками ($0 < x < a$, $0 < y < b$). Определить вероятность нахождения частицы с наименьшей энергией в области $0 < x < a/3$.
5. Показать с помощью уравнения Шредингера, что в точке, где потенциальная энергия частицы $U(x)$ имеет конечный разрыв, волновая функция остается гладкой, т. е. ее первая производная по координате непрерывна.

Занятие 16

Тема: Радиоактивность.

Вопросы для обсуждения:

1. Закон радиоактивного распада.
2. Вида распадов и правила смещения.

Задачи для решения:

1. Какая доля радиоактивных ядер кобальта, период полураспада которых 71,3 дня, распадется за месяц?
2. Определить возраст древних деревянных предметов, если известно, что удельная активность изотопа C^{14} у них составляет 3/5 удельной активности этого изотопа в только что срубленных деревьях. Период полураспада ядер C^{14} равен 5570 лет.
3. Покоившееся ядро Po^{200} испустило α -частицу с кинетической энергией $T_\alpha = 5,77$ МэВ. Найти скорость отдачи дочернего ядра. Какую долю полной энергии, освобождаемой в этом процессе, составляет энергия отдачи дочернего ядра?
4. Найти постоянную распада и среднее время жизни радиоактивного изотопа Co^{55} , если известно, что его активность уменьшается на 4,0% за час? Продукт распада нерадиоактивен.
5. Активность некоторого препарата уменьшается в 2,5 раза за 7,0 суток. Найти его период полураспада.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Альфа-распад ядер Po^{210} (из основного состояния) сопровождается испусканием двух групп α -частиц с кинетическими энергиями 5,30 и 4,50 МэВ. В результате испускания

- этих частиц дочерние ядра оказываются соответственно в основном и возбужденном состояниях. Найти энергию γ -квантов, испускаемых возбужденными ядрами.
2. Препарат U^{238} массы 1,0 г излучает $1,24 \cdot 10^4$ α -частиц в секунду. Найти период полураспада этого изотопа и активность препарата.
 3. В урановой руде отношение числа ядер U^{238} к числу ядер Pb^{206} $\eta = 2,8$. Оценить возраст руды, считая, что весь свинец Pb^{206} является конечным продуктом распада уранового ряда. Период полураспада ядер U^{238} равен $4,5 \cdot 10^9$ лет.
 4. Найти энергию, выделяющуюся при β^- - и β^+ -распадах и К-захвате, если известны массы материнского ядра M_m , дочернего ядра M_d и электрона m .
 5. Оценить количество тепла, выделенного за сутки в калориметре β -активным препаратом Na^{24} , масса которого $m=1,0$ мг. Считать, что β -частицы в среднем имеют кинетическую энергию, равную $1/3$ максимально возможной при данном распаде. Период полураспада Na^{24} $T=15$ ч.

Занятие 17.

Тема: Строение и энергия атома. Ядерные реакции.

Вопросы для обсуждения:

1. Атомное ядро и его размер.
2. Энергия ядра.
3. Законы сохранения в ядерных реакциях.
4. Условия протекания ядерных реакций.

Задачи для решения:

1. Вычислить в а. е. м. массу: а) атома Li^8 , энергия связи ядра которого 41,3 МэВ; б) ядра C^{10} , у которого энергия связи на один нуклон равна 6,04 МэВ.
2. Найти с помощью табличных значений масс атомов: а) среднюю энергию связи на один нуклон в ядре O^{16} ; б) энергию связи нейтрона и α -частицы в ядре B^{11} ; в) энергию, необходимую для разделения ядра O^{16} на четыре одинаковые частицы.
3. Определить порядковый номер Z и массовое число A частицы, обозначенной буквой x , в символической записи ядерной реакции: ${}^{14}_6C + {}^4_2He \rightarrow {}^{17}_8O + x$.
4. Написать недостающие обозначения (x) в следующих ядерных реакциях: а) $B^{10}(x, \alpha) Be^8$; б) $O^{17}(d, n)x$; в) $Na^{23}(p, x) Ne^{20}$; г) $x(p, n) Ar^{37}$.
5. Ядро урана ${}^{235}_{92}U$, захватив один нейтрон, разделилось на два осколка, причем освободилось два нейтрона. Одним из осколков оказалось ядро ксенона ${}^{140}_{54}Xe$. Определить порядковый номер Z и массовое число A второго осколка.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Сколько тепла выделяется при образовании одного грамма He^4 из дейтерия H^2 ? Какая масса каменного угля с теплотворной способностью 30 кДж/г эквивалентна в тепловом отношении полученной величине?
2. Найти число нейтронов, возникающих в единицу времени в урановом реакторе, тепловая мощность которого $P = 100$ МВт, если среднее число нейтронов на каждый акт деления $\nu = 2,5$. Считать, что при каждом делении освобождается энергия $E = 200$ МэВ.
3. Определить энергию Q ядерных реакций: 1) ${}^9_4Be + {}^2_1H \rightarrow {}^{10}_5B + {}^1_0n$; 2) ${}^6_3Li + {}^2_1H \rightarrow {}^4_2He + {}^4_2He$; 3) ${}^7_3Li + {}^4_2He \rightarrow {}^{10}_5B + {}^1_0n$; 4) ${}^7_3Li + {}^1_1H \rightarrow {}^7_4Be + {}^1_0n$; 5) ${}^{44}_{20}Ca + {}^1_1H \rightarrow {}^{41}_{19}K + {}^4_2He$.
4. Найти электрическую мощность P атомной электростанции, расходующей 0,1 кг урана-235 в сутки, если КПД η станции равен 16 %.

Семестр 9

Занятие 1. (6 часов)

Тема: Кинематика материальной точки.

Вопросы для обсуждения:

1. В чем заключается основная задача кинематики?
2. Какие способы описания движения тела вы знаете?
3. Что такое материальная точка?
4. Что такое система отсчета?
5. Что такое траектория?
6. В чем заключаются преобразования Галилея?
7. Сформулируйте и запишите классический закон сложения скоростей.
8. Дайте определение угловой скорости? Углового ускорения? Как определяются их направления?
9. Что характеризует тангенциальная составляющая ускорения? Нормальная составляющая ускорения? Каковы их модули?

Задачи для решения:

1. Уравнение движения тела имеет вид: $X = 5t + 0,8t^2$. Определить ускорение и начальную скорость.
2. По наклонной доске пустили катиться снизу вверх шарик. На расстоянии 30 см от начала пути шарик побывал дважды: через 1 с и через 2 с после начала движения. Определить начальную скорость и ускорение движения шарика, считая его постоянным.
3. Пуля, летящая со скоростью 400 м/с, ударяется в земляной вал и проникает в него на глубину 36 см. Какова была ее скорость на глубине 18 см?
4. Катер плывет по реке против течения с постоянной скоростью v , проплывая под мостом, теряет спасательный круг. Через время t пропаша была обнаружена. Катер повернул назад и нагоняет круг на расстоянии S ниже моста. Найти скорость течения.
5. На Рисунке 1 представлен график зависимости $v(t)$ для двух тел. На сколько отличаются пути, пройденные телами за 2 секунды.
6. Диск радиусом 10 см вращается так, что зависимость угла поворота радиуса диска от времени задается уравнением: $\varphi = 2 + 4t^3$. Определить для точек на ободе колеса диска нормальное и тангенциальное ускорения в момент времени 2 секунды от начала движения, а также угол поворота, при котором полное ускорение составляет с радиусом диска угол 45° .

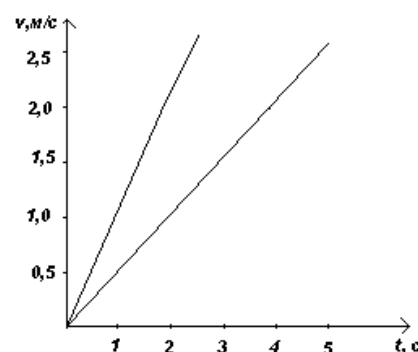


Рис.1

Задачи для самостоятельного решения:

1. Ученик проехал половину пути на велосипеде со скоростью 16 км/ч. Далее половину оставшегося времени он ехал со скоростью 12 км/ч, а затем до конца пути шел пешком со скоростью 5 км/ч. Определить среднюю скорость движения ученика на всем пути.
2. Прямолинейное движение точки задано уравнением: $X = -2 + 3t - 0,5t^2$. Написать уравнение зависимости скорости точки от времени. Построить график этой зависимости; найти координату и скорость точки через 2 с и 8 с после начала движения.
3. С башни высотой 30 м в горизонтальном направлении брошено тело с начальной скоростью 10 м/с. Определить: а) уравнение траектории тела $y(x)$; б) скорость тела в момент падения на землю; в) угол, который образует эта скорость с горизонтом в точке его падения.
4. Проплывая под мостом против течения, гребец потерял шляпу. Обнаружив пропажу через 10 мин, он повернул назад, гребя по течению, подобрал шляпу в 1 км ниже

- моста. Определить скорость течения реки (предполагается, что гребец гребет одинаково интенсивно).
5. Диск радиусом 10 см вращается так, что зависимость угла поворота радиуса диска от времени задается уравнением: $\varphi = 3 + t + t^2 + t^3$. Определить для точек на ободке диска к концу второй секунды после начала движения: а) тангенциальное ускорение; б) нормальное ускорение; с) полное ускорение.
 6. Точка движется по окружности радиусом 2 м по закону $\varphi = 2 + 2t - t^2$. Определите путь l , пройденный точкой до остановки. Определите ускорение точки в момент времени 0,5 с.

Занятие 2. (6 часов)

Тема: Динамика материальной точки.

Вопросы для обсуждения:

1. Какие системы отсчета называются инерциальными? Приведите примеры систем, которые могут быть приняты за инерциальные.
2. Сформулируйте три закона Ньютона. Сколько постулатов содержится в первом законе Ньютона? Сформулируйте эти постулаты.
3. Что называют уравнением движения?
4. Каков алгоритм решения задач по динамике?

Задачи для решения:

1. Тело массой 5 кг лежит на горизонтальной поверхности. Коэффициент трения $\mu = 0,2$. На тело действует горизонтальная сила 5 Н. Чему равна сила трения?
2. Два тела массами $m_1=3$ кг и $m_2=6$ кг лежат на абсолютно гладком столе. Тела связаны невесомым шнуром, который разрывается если к телу с меньшей массой приложить силу 240 Н. Какую минимальную силу надо приложить к телу большей массы, чтобы разорвать шнур?
3. Две гири соединены нитью и перекинуты через невесомый блок. Ускорение, с которым движутся гири $3,27$ м/с². Определить массы гирь, если известно, что сила натяжения нити составляет 13 Н. Трением в блоке пренебречь.
4. Тело лежит на наклонной плоскости, образующей с горизонтом угол 45° . При каком предельном коэффициенте трения тело начнет скользить по наклонной плоскости? С каким ускорением будет скользить тело по плоскости, если коэффициент трения будет равен 0,03? Какое время потребуется телу для прохождения при этих условиях 100 м пути? Какую скорость будет иметь тело в конце пути?
5. С каким максимальным ускорением можно поднимать с помощью веревки тело массой 200 кг, если веревка выдерживает неподвижный груз массой 240 кг.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Тело массой 1,0 кг лежит на горизонтальной поверхности. Коэффициент трения 0,1. На тело действует горизонтальная сила F . Определить силу трения для двух случаев: а) $F = 0,50$ Н; б) $F = 2,0$ Н. Изобразить графически, как изменяется сила трения при изменении силы F .
2. На столе лежат два бруска, связанные нитью. На брусок массой $m_1 = 4$ кг действует сила 20 Н под углом 30° к горизонту. Масса второго бруска $m_2 = 2$ кг, коэффициент трения брусков о стол 0,1. Определите ускорение, с которым движутся тела, а также силу натяжения нити.
3. К перекинутой через неподвижный блок невесомой и нерастяжимой нити подвешен груз массой 2,0 кг, на который поставлен перегрузок, массой 0,5 кг. Какое ускорение грузам может сообщить сила 30 Н, приложенная к свободному концу нити и

- направленная вертикально вниз? Каковы сила натяжения нити и сила давления на ось блока? С какой силой перегрузок давит на груз?
4. Тело, которому сообщена начальная скорость, параллельная наклонной плоскости, поднимается по наклонной плоскости, а затем опускается. В каком случае: при подъеме или при спуске время движения тела больше, если оно вернулось в первоначальное положение? Будет ли конечная скорость при спуске равна начальной скорости при подъеме? Коэффициент трения между телом и наклонной плоскостью 0,20. Угол наклона плоскости 45° .
 5. В лифте находится ведро с водой, в которой плавает частично погруженное тело. Изменится ли глубина погружения тела, если лифт будет двигаться с ускорением, направленным: а) вверх? б) вниз?

Занятие 3. (6 часов)

Тема: Законы сохранения в механике.

Вопросы для обсуждения:

1. Что называют импульсом тела?
2. Что такое импульс механической системы и как его можно изменить?
3. Сформулируйте закон сохранения импульса. Для каких систем он выполняется?
4. Что такое центр масс? Докажите, что центр масс изолированной системы перемещается равномерно и прямолинейно.
5. Дайте определение работы. Как найти работу переменной силы?
6. Какие силы называют консервативными. Приведите примеры консервативных и неконсервативных сил.
7. Что такое мощность? Как ее можно рассчитать?
8. Что такое энергия?
9. Дайте определение кинетической и потенциальной энергии.
10. Как связаны потенциальная энергия с работой внутренних консервативных сил?
11. Запишите закон изменения полной механической энергии системы.

Задачи для решения:

1. Снаряд массой 100 кг, летящий горизонтально вдоль железнодорожного пути со скоростью 500 м/с, попадает в вагон с песком и застревает в нем. Какую скорость получит вагон, если он двигался со скоростью 36 км/ч в направлении, противоположном движению снаряда?
2. Два тела, двигаясь навстречу друг другу со скоростью 3,0 м/с каждое, после удара стали двигаться вместе со скоростью 1,5 м/с. Определить отношение масс этих тел.
3. С ледяной горки высотой 1,0 м и основанием 5,0 м, съезжают санки, которые останавливаются, пройдя горизонтальный участок 95 м. Найти коэффициент трения и коэффициент полезного действия.
4. Тело массой 0,4 кг скользит с наклонной плоскости высотой 10 см и длиной 1 м. Коэффициент трения на всем пути равен 0,04. Определить кинетическую энергию тела у основания наклонной плоскости и путь, пройденный телом на горизонтальном участке до остановки.
5. Небольшое тело массой m соскальзывает вниз по наклонному желобу, переходящему в "мертвую петлю" радиуса $R=0,2$ м. С какой высоты h должно начать свое движение тело, чтобы не оторваться от желоба в верхней точке петли? Трением пренебречь.
6. Пуля массой 0,01 кг, летящая горизонтально со скоростью 100 м/с, проникает в закрепленный брусок дерева и застревает в нем. Время взаимодействия пули с бруском 0,02 с. Определить расстояние, на которое пуля проникла в дерево и среднюю силу сопротивления.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Лодка стоит неподвижно в стоячей воде. Человек, находящийся в лодке, переходит с носа на корму. На какое расстояние переместится лодка, если масса человека 60 кг, масса лодки 120 кг, длина лодки 3 м? Сопротивлением воды пренебречь.
2. Мальчик, бегущий со скоростью 4 м/с, догоняет тележку, движущую со скоростью 3 м/с и вскакивает на нее. Масса мальчика 50 кг, тележки – 80 кг. Найти скорость тележки в тот момент, когда на нее вскочил мальчик.
3. Какую работу совершает электровоз за 10 минут, перемещая по горизонтальному пути состав массой $3 \cdot 10^6$ кг с постоянной скоростью 72 км/ч, если коэффициент трения 0,005?
4. Автомобиль массой 1,8 т спускается с горы при выключенном двигателе с постоянной скоростью 54 км/ч. Уклон дороги составляет 3° к горизонту. Определить, какова должна быть мощность двигателя автомобиля, чтобы он смог подниматься на такой же подъем с той же скоростью.
5. Пуля массой 9 г, летящая горизонтально со скоростью 400 м/с, пробивает бревно толщиной 30 см и вылетает из него со скоростью 100 м/с. Какова средняя сила сопротивления движению пули в бревне?
6. Подвешенный на нити шарик массой 200 г, отклоняют на угол 45° . Определить силу натяжения нити в момент прохождения шариком положения равновесия.

Занятия 4-5. (4 часа)

Тема: Вращательное движение твердого тела.

Вопросы для обсуждения:

1. Дайте определение абсолютно твердого тела.
2. Что такое момент инерции материальной точки и твердого тела относительно оси вращения?
3. Какова роль момента инерции при вращательном движении?
4. Сформулируйте и поясните теорему Штейнера.

Задачи для решения:

1. Найти момент инерции тонкого диска массой m относительно оси вращения проходящей через его центр. Радиус диска R .
2. Пуля массой m_1 , летящая горизонтально со скоростью v_0 , попадает в нижний конец стержня, закрепленного на горизонтальной оси, проходящей через верхний конец стержня, и застревает в нем. Масса стержня m_2 , длина l . Определить линейную скорость нижнего конца стержня сразу после попадания пули.
3. Диск массой M катится без скольжения по горизонтальной плоскости со скоростью V . Найти кинетическую энергию тела.
4. На обод маховика диаметром $D = 60$ см намотан шнур, к концу которого привязан груз массой $m = 2$ кг. Определить момент инерции маховика I , если, вращаясь равноускоренно под действием силы тяжести груза, за время $t = 3$ с он приобрел угловую скорость $\omega = 9$ рад/с.
5. Горизонтальная платформа массой $m_1 = 100$ кг вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через центр платформы, с частотой $n = 8$ мин $^{-1}$. Человек массой $m_2 = 70$ кг стоит при этом на краю платформы. С какой угловой скоростью ω начнет вращаться платформа, если человек перейдет от края платформы к ее центру? Считать платформу круглым, однородным диском, а человека — материальной точкой.
6. Диск массой $m = 2$ кг и радиусом $R = 20$ см вращается по закону, описываемому уравнением $\varphi = A + Bt + Ct^2$, где $A = 2$ рад, $B = 16$ рад/с, $C = -2$ рад/с 2 . Определить вращающий момент M .

7. Круглая горизонтальная платформа с массой m_1 вращается вокруг вертикальной оси с угловой скоростью ω_1 . Человек массой m_2 стоит на краю платформы. Какова будет скорость платформы если человек перейдет в центр платформы?
8. Однородный диск радиуса R раскрутили до угловой скорости ω и осторожно положили на горизонтальную поверхность. Сколько времени диск будет вращаться на поверхности, если коэффициент трения равен μ ? Давление диска на поверхность считать равномерным.

Задачи для самостоятельного решения:

1. С верхнего уровня наклонной плоскости одновременно начинают скатываться без скольжения сплошной цилиндр и шар с одинаковой массой и одинаковыми радиусами. Найти отношение скоростей этих тел на некотором данном уровне.
2. Какой путь пройдёт катящийся без скольжения диск, поднимаясь вверх по наклонной плоскости с углом наклона 30° , если ему сообщена начальная скорость 7 м/с , параллельная наклонной плоскости?
3. Маховик, представляющий собой диск массой 10 кг и радиусом 10 см , свободно вращается вокруг оси, которая проходит через центр, с круговой частотой 6 с^{-1} . При торможении маховик останавливается через 5 с . Определить тормозящий момент.
4. Шар скатывается по наклонной плоскости с углом наклона 30° . Каковую скорость будет иметь центр шара относительно наклонной плоскости через $1,5 \text{ с}$, если его начальная скорость равна нулю?
5. Каковую работу нужно совершить, чтобы маховику в виде диска массой 100 кг и радиусом $0,4 \text{ м}$ сообщить частоту вращения 10 об/с , если он находился в состоянии покоя?
6. Горизонтальный тонкий однородный стержень AB массы m и длины l может свободно вращаться вокруг вертикальной оси, проходящей через его конец A . В некоторый момент на конец B начала действовать постоянная сила F , которая все время перпендикулярна к первоначальному положению покоившегося стержня и направлена в горизонтальной плоскости. Найти угловую скорость стержня как функцию его угла поворота φ из начального положения.

Занятие 6. (4 часа)

Тема: Механические колебания

Вопросы для обсуждения:

1. Какое движение называется колебательным?
2. При каких условиях в системе возникают колебания?
3. Какие силы называются квазиупругими?
4. Дайте определения амплитуды, фазы, начальной фазы, частоты и периода колебаний?
5. Какие колебания называются свободными, собственными, вынужденными, затухающими?
6. Запишите уравнения движения выше перечисленных колебаний?

Задачи для решения:

1. Материальная точка массой 5 г совершает гармонические колебания с частотой $0,5 \text{ Гц}$. Амплитуда колебаний 3 см . Определить скорость, ускорение и силу, действующую на точку в момент, когда смещение $X=1,5 \text{ см}$.
2. Найти амплитуду, период, частоту и начальную фазу колебания, заданного уравнением $X = 5 \sin((39,2t + 5\pi/2) \text{ см})$.
3. Чему равен период колебания маятника, находящего в вагоне, движущемся горизонтально с ускорением a .
4. На стержне длиной l укреплены два одинаковых грузика – один в середине невесомого стержня, другой на одном из его концов. Стержень с грузиками колеблется

- относительно горизонтальной оси, проходящей через другой конец стержня. Определить приведенную длину и период колебаний физического маятника.
5. Определить период колебаний однородного шара около горизонтальной оси, проходящей сквозь точку, отстоящую от центра шара на расстоянии $0,3$ радиуса шара. Радиус шара равен 6 см.
 6. К пружине подвешена чашка весов с гириями. Период вертикальных колебаний чашки равен T_1 . После того, как на чашку положили добавочные гири, период вертикальных колебаний стал T_2 . Насколько удлинилась пружина от прибавления добавочного груза?
 7. Две пружины с коэффициентами жесткости k_1 и k_2 соединены в одном случае последовательно, в другом – параллельно. Каково отношение периодов вертикальных колебаний грузов на таких пружинах?

Задачи для самостоятельного решения:

1. Точка совершает гармонические колебания. В некоторый момент времени t_1 смещение $X_1=5$ см. При увеличении фазы вдвое смещение точки стало $X_2=8$ см. Найти амплитуду колебаний.
2. Как изменится период колебаний маятника при переносе его с Земли на Луну.
3. Однородный диск радиуса R колеблется около горизонтальной оси, проходящей через его край перпендикулярно плоскости. Каков период его колебаний.
4. К пружине подвешен груз с массой $m = 10$ г. Зная, что пружина под влиянием силы $F = 2,45$ Н растягивается на величину $x = 1,5$ см, определить период вертикальных колебаний груза.

Занятие 7. (4 часа)

Тема: Основное уравнение МКТ.

Вопросы для обсуждения:

1. Как, зная молярный объем газа, можно определить концентрацию молекул этого газа?
2. Как, зная концентрацию молекул и молярную массу газа, можно определить плотность этого газа?
3. Два различных газа находятся друг с другом в состоянии теплового равновесия. Одинаковы ли их средние квадратичные скорости? Кинетические энергии поступательного движения, приходящиеся в среднем на одну молекулу?
4. Как связаны средняя квадратичная скорость молекул газа с его плотностью?
5. Числами какого порядка выражаются: диаметр молекулы газа, концентрация молекул при нормальных условиях (число Лошмидта), средняя квадратичная скорость молекул газа при нормальных условиях?
6. Каковы наименования количества вещества? Молярной массы? Постоянной Авогадро?
7. Как, зная молярную массу газа, можно определить число молекул в единице объема?
8. В закрытом сосуде нагревается газ. Изменяется ли при этом средняя квадратичная скорость молекул? Концентрация молекул?
9. При нагревании газа температура его возросла вдвое. Во сколько раз увеличилась средняя кинетическая энергия молекулы газа?

Задачи для решения:

1. Определить число моль газа, содержащегося в сосуде объемом $5,0 \cdot 10^{-2}$ м³ при давлении $6,0 \cdot 10^6$ Па, если средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул газа равна $6,79 \cdot 10^{-20}$ Дж.

2. Определить концентрации молекул водорода, находящегося под давлением $2,7 \cdot 10^4$ Па, если средняя квадратичная скорость молекул водорода при этих условиях равна $2,4 \cdot 10^3$ м/с.
3. В сосуде емкостью $4 \cdot 10^{-3}$ м³ содержится некоторый газ массой $6 \cdot 10^4$ кг под давлением $2 \cdot 10^5$ Па. Определить среднюю квадратичную скорость поступательного движения молекул газа.
4. Вычислить среднюю квадратичную скорость и среднюю кинетическую энергию поступательного движения молекул кислорода при температуре 293К.
5. Сколько молекул содержится в водороде, занимающем объем $2,0 \cdot 10^{-3}$ м³ и находящемся под давлением $9,06 \cdot 10^4$ Па, если средняя квадратичная скорость поступательного движения молекул водорода равна $2,28 \cdot 10^2$ м/с ?
6. Определить массу азота, содержащегося в баллоне объемом $2,0 \cdot 10^{-2}$ м³, если суммарная кинетическая энергия поступательного движения молекул и средняя квадратичная скорость одной молекулы азота соответственно равны: $5,0 \cdot 10^3$ Дж и $2,0 \cdot 10^3$ м/с. Вычислить также давление газа.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Какое число молекул содержится в азоте, находящемся при температуре 300 К и давлении $1,0 \cdot 10^5$ Па, если известно, что суммарная кинетическая энергия поступательного движения молекул азота равна 6,3 Дж? Определить также объем, занимаемый азотом.
2. Определить среднюю кинетическую энергию поступательного движения молекул газа, находящегося в баллоне емкостью $5,0 \cdot 10^{-2}$ м³ и при давлении $6,0 \cdot 10^6$ Па, если известно, что в баллоне содержится 120 моль этого газа.
3. Какова средняя квадратичная скорость поступательного движения взвешенных в воздухе и совершающих тепловое движение капелек воды радиусом $1,0 \cdot 10^{-8}$ м при температуре 290К?
4. Во сколько раз средняя квадратичная скорость молекул воздуха больше средней квадратичной скорости, взвешенной в воздухе и совершающей тепловое движение пылинки массой $1,0 \cdot 10^{-11}$ кг?
5. В запаянной с одного конца узкой стеклянной трубке, расположенной горизонтально, находится столбик воздуха длиной l , закрытый столбиком ртути длиной h . Атмосферное давление равно P . Какой будет длина воздушного столбика, если трубку расположить: а) вертикально отверстием вниз; б) вертикально отверстием вверх; в) под углом к горизонту отверстием вниз; г) под углом α к горизонту отверстием вверх?

Занятие 8. (4 часа)

Тема: Газовые законы

Вопросы для обсуждения:

1. Как обеспечить постоянство давления газа при изменении его температуры?
2. Изменяется ли при изобарном повышении температуры газа концентрация молекул? Их средняя квадратичная скорость?
3. Возрастает или уменьшается концентрация молекул при изобарном расширении газа?
4. Как и во сколько раз изменяется концентрация молекул при изобарном расширении газа, если средняя квадратичная скорость молекул увеличивается вчетверо?
5. При изотермическом расширении газа концентрация молекул уменьшается вдвое. Как при этом изменилась давление газа?
6. Изменяется ли при быстром расширении газа средняя квадратичная скорость молекул?
7. Каковы наименования постоянной Больцмана? Молярной газовой постоянной?
8. Каковы границы применимости принципа равномерного распределения энергии по степеням свободы?

9. Какие значения может принимать теплоемкость идеального газа?
10. При каких условиях теплоемкость идеального газа: а) равна нулю? б) равна бесконечности? в) отрицательна?
11. Одинаковы ли молярные и удельные теплоемкости одноатомных и двухатомных газов?

Задачи для решения:

1. Определить массу углекислого газа, протекающего за 600 секунд со скоростью 0,9 м/с по трубе, площадь поперечного сечения канала которой равна $5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$, если известно, что давление и температура газа соответственно равны: $3,9 \cdot 10^5 \text{ Па}$ и 280 К .
2. В баллоне емкостью $2,4 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$ находится водород при температуре 288 К . После того, как часть водорода израсходовали, давление в баллоне понизилось на $4 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Определить массу израсходованного водорода.
3. Из баллона емкостью $1,0 \cdot 10^2 \text{ м}^3$ вследствие неисправности вентиля утекает находящийся в нем водород. При температуре 280 К манометр показывал давление $4,9 \cdot 10^6 \text{ Па}$. Через некоторое время при температуре 290 К манометр показал такое же давление. Сколько утекло газа?
4. При изобарном нагревании некоторой массы газа на 1 К объем газа увеличился на $1/300$ часть его первоначального объема. Определить начальную температуру газа.
5. Определить плотность газовой смеси, состоящей из $8,0 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$ гелия и $4,0 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$ аргона при температуре 290 К и давлении $1,0 \cdot 10^5 \text{ Па}$.
6. Вычислить внутреннюю энергию (суммарную кинетическую энергию всех молекул) двухатомного газа, содержащегося в сосуде объемом $2,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ и находящегося при давлении $1,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$.
7. Определить массу одноатомного газа, если известно, что средняя квадратичная скорость поступательного теплового движения его молекул равна $2,0 \cdot 10^3 \text{ м/с}$, а внутренняя энергия этого газа равна $5,0 \cdot 10^3 \text{ Дж}$.
8. Вычислить внутреннюю энергию (суммарную кинетическую энергию молекул) аммиака (NH_3), находящегося в баллоне емкостью $1,0 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$ при давлении $2,82 \cdot 10^3 \text{ Па}$. Какую часть этой энергии составляет кинетическая энергия поступательного теплового движения молекул?

Задачи для самостоятельного решения:

1. Горизонтально расположенный цилиндрический сосуд длиной $0,85 \text{ м}$ разделен на две части плотно пригнанным и могущим перемещаться теплопроводящим поршнем. Каково будет равновесное положение поршня, если в одну часть сосуда помещена некоторая масса кислорода, а в другую такая же масса водорода?
2. Какой объем воды войдет в баллон электрической лампы объемом $5,0 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$, если опустить его под воду на малую глубину и обломить кончик? Лампа наполнена азотом при давлении $8,0 \cdot 10^4 \text{ Па}$. Атмосферное давление равно $1,05 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Процесс изменения давления азота считать изотермическим.
3. Газ сжат изотермически от объема $8,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ до объема $6,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$, при этом давление газа возросло на $4,0 \cdot 10^3 \text{ Па}$. Каким было первоначальное давление газа?
4. В сосуде находится $1,0 \cdot 10^{-7} \text{ моль}$ кислорода и $1,0 \cdot 10^{-9} \text{ кг}$ азота. При этом давление и температура газовой смеси соответственно равны $0,13 \text{ Па}$ и 373 К . Определить объем сосуда, парциальные давления кислорода и азота, концентрацию молекул смеси.
5. Считая, что $23,6\%$ массы воздуха составляет кислород, а $76,4\%$ - азот, определить плотность воздуха при давлении $9,9 \cdot 10^4 \text{ Па}$ и температуре 286 К , а также парциальные давления кислорода и азота.
6. В закрытый сосуд объемом $2,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$, наполненный сухим воздухом при нормальных условиях, ввели диэтиловый эфир ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$). После испарения эфира давление в сосуде возросло до $1,39 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Определить массу введенного в сосуд эфира.

Занятие 9. (4 часа)

Тема: Явления переноса.

Вопросы для обсуждения:

1. Что является причиной несоответствия между большими скоростями теплового движения молекул и сравнительно медленным протеканием процесса выравнивания концентрации молекул при диффузии?
2. Зависит ли средняя длина свободного пробега молекул при данной концентрации молекул от температуры?
3. Каков порядок величины: а) эффективного диаметра молекул? б) концентрации молекул при нормальных условиях? а) средней длины свободного пробега молекул?
4. Какова зависимость средней длины свободного пробега молекул от давления газа? При любых ли давлениях одинакова эта зависимость?
5. Что такое "технический вакуум" и почему это понятие является относительным?
6. Каковы наименования коэффициентов переноса (коэффициентов диффузии, внутреннего трения и теплопроводности)?
7. 2. Какова зависимость коэффициента диффузии от температуры и давления газа?
8. 3. Какова зависимость коэффициентов вязкости и теплопроводности газа от давления, если газ находится: а) в состоянии далеко от технического вакуума? б) в состоянии технического вакуума?
9. 4. Как графически изображается примерная зависимость коэффициентов переноса от давления газа: а) в состоянии далеко от технического вакуума? б) в состоянии технического вакуума

Задачи для решения:

1. При каком давлении средняя длина свободного пробега молекул азота равна 1 м, если температура газа равна 288 К? Эффективный диаметр молекулы азота равен $3,1 \cdot 10^{-10}$ м.
2. Определить плотность водорода, если известно, что средняя длина свободного пробега молекул равна 10^{-2} м. Эффективный диаметр молекулы водорода равен $2,3 \cdot 10^{-10}$ м.
3. При каком давлении средняя длина свободного пробега молекул азота равна 10^{-3} м, если при нормальном давлении она равна $6 \cdot 10^{-8}$ м?
4. Определить коэффициент диффузии кислорода при температуре 323 К, если известно, что при нормальных условиях он равен $14,2 \cdot 10^{-6}$ м²/с, а нагрев происходит при постоянном объеме.
5. Каков коэффициент диффузии кислорода при нормальных условиях? Эффективный диаметр молекулы кислорода равен $2,9 \cdot 10^{-10}$ м.
6. Чему равен коэффициент внутреннего трения кислорода при нормальных условиях, если известно, что средняя длина свободного пробега молекул при этих условиях равна $6,5 \cdot 10^{-8}$ м.
7. Вычислить среднюю длину свободного пробега и эффективный диаметр молекулы водорода при нормальных условиях, если известно, что коэффициент внутреннего трения при этих условиях равен $8,6 \cdot 10^{-6}$ Н·с/м².

Задачи для самостоятельного решения:

1. Какова средняя квадратичная скорость молекул аргона, находящегося под давлением 10^5 Па, если известно, что средняя длина свободного пробега молекул равна 10^{-7} м. Эффективный диаметр молекулы аргона равен $2,9 \cdot 10^{-10}$ м. $M = 40 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.
2. Каково среднее значение промежутка времени между двумя последовательными столкновениями молекул водорода при давлении 13,3 Па и температуре 373 К?
3. Определить коэффициент внутреннего трения азота при нормальных условиях, если коэффициент диффузии азота при этих условиях равен $1,41 \cdot 10^{-5}$ м²/с.

4. Коэффициент внутреннего трения углекислого газа при нормальных условиях равен $1,4 \cdot 10^{-5}$ кг/м·с. Определить среднюю длину свободного пробега молекул и коэффициент диффузии при этих условиях.
5. Определить концентрацию молекул водорода, если известно, что коэффициент внутреннего трения при определенных условиях равен $8,5 \cdot 10^{-6}$ Н·с/м², а коэффициент диффузии при этих условиях равен $1,42 \cdot 10^{-4}$ м²/с.
6. Определить коэффициент теплопроводности аргона при нормальных условиях. Эффективный диаметр молекулы аргона равен $2,9 \cdot 10^{-10}$ м.
7. Для измерения коэффициента теплопроводности азота им заполнили пространство между двумя длинными коаксиальными цилиндрами с радиусами 0,05 м и 0,015 м. Внутренний цилиндр равномерно нагревался электрическим током таким образом, что через поверхность площадью $1,0 \cdot 10^{-4}$ м² внутреннего цилиндра каждую секунду проходило количество теплоты, равное $3,0 \cdot 10^{-4}$ Дж. При установившемся процессе температура внутреннего цилиндра равнялась 363 К, а внешнего - 273 К. Каков коэффициент теплопроводности азота?

Занятие 10. (6 часов)

Тема: Первое начало термодинамики.

Вопросы для обсуждения:

1. Изменяется ли внутренняя энергия идеального газа при изотермическом процессе и совершается ли работа при этом процессе?
2. Происходит ли теплообмен при изотермическом процессе? Чему равна теплоёмкость идеального газа при этом процессе?
3. Как вычисляется количество теплоты, сообщаемое идеальному газу при изотермическом процессе?
4. Одинаковы или различны знаки Q и A при изотермическом процессе?
5. Сколько параметров и какие необходимо задать, чтобы вычислить работу, совершаемую идеальным газом при изотермическом процессе?
6. Как графически изображается изотермический процесс, осуществляемый с идеальным газом в осях (p, V), (p, T) и (V, T) ?
7. В каком случае идеальный газ при одном и том же изменении объёма совершает большую работу: при изобарном или изотермическом расширении?
8. Происходит ли энергообмен между идеальным газом и окружающей средой при адиабатном процессе?
9. При каких условиях можно приближённо осуществить равновесный адиабатный процесс при отсутствии тепловой изоляции?
10. Как графически изображается цикл? Как по заданному графику цикла определить, является ли он циклом тепловой или холодильной машины?
11. Положительна или отрицательна работа, совершаемая рабочим веществом за один цикл: а) тепловой машины? б) холодильной машины?
12. Положительно или отрицательно количество теплоты, получаемое рабочим веществом за один цикл: а) тепловой машины? б) холодильной машины?
13. Почему работы, совершаемые рабочим веществом на изотермах цикла Карно, могут быть выражены через температуры нагревателя и холодильника?
14. Участвуют ли работы, совершаемые на адиабатах цикла Карно, в энергетическом балансе цикла?

Задачи для решения:

1. Определить количество теплоты, сообщённое 1 моль гелия, содержащегося в закрытом баллоне ёмкостью $1,0 \cdot 10^{-2}$ м³ при температуре 300 К, если известно, что после нагревания давление в баллоне возросло до $1,33 \cdot 10^6$ Па.

2. Определить изменение внутренней энергии, сообщённое количество теплоты и работу, совершённую одноатомным газом, при увеличении объёма от $2,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ до $7,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ в условиях постоянного давления, равного $3,0 \cdot 10^5 \text{ Па}$. По полученным данным проверить справедливость первого начала термодинамики.
3. Объём одного моля идеального газа, находившегося при температуре 290 К , изобарно увеличился вдвое, а затем газ изохорно охладился до первоначальной температуры. Изобразить графически эти процессы в осях (p, V) , (V, T) и (p, T) , а затем определить изменение внутренней энергии газа, совершённую работу и сообщённое ему количество теплоты.
4. В вертикально расположенном цилиндре под поршнем находится газ объёмом $2,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ при температуре 299 К . Найти работу расширения газа при нагревании его на 100 К . Масса поршня 10 кг , его площадь 50 см^2 , атмосферное давление нормальное.
5. Один моль кислорода, находясь при температуре $3,0 \cdot 10^2 \text{ К}$, изотермически расширился. Во сколько раз увеличился объём кислорода, если ему при расширении было сообщено количество теплоты, равное $1,7 \cdot 10^3 \text{ Дж}$?
6. Двухатомный идеальный газ, занимавший объём $5,0 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$ при давлении $3,0 \cdot 10^5 \text{ Па}$, изохорно нагревали до тех пор, пока его давление удвоилось. Вслед за этим газ испытал изотермическое расширение до начального давления и, наконец, изобарно охлаждался до начального объёма. Изобразить графически эти процессы в осях (p, V) и (T, p) и определить в каждом процессе: а) работу, совершённую газом, б) изменение его внутренней энергии и в) количество теплоты, полученное газом.
7. Идеальная тепловая машина работает по циклу Карно. Определить к.п.д. цикла, если известно, что за цикл рабочим веществом совершается работа в $4,9 \cdot 10^3 \text{ Дж}$, а холодильнику передаётся количество теплоты, равное $2,3 \cdot 10^3 \text{ Дж}$.
8. Температура нагревателя втрое выше температуры холодильника. Какую часть энергии, полученной в цикле Карно от нагревателя, рабочее вещество отдаёт холодильнику?
9. Определить количество теплоты, сообщённое ν моль идеального газа за один цикл, состоящий из двух изохор и двух изотерм

Задачи для самостоятельного решения:

1. Определить молярную массу одноатомного газа плотностью $0,2 \text{ кг/м}^3$, содержащегося в закрытом сосуде объёмом $2 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$, если известно, что для нагревания газа при этих условиях на 80 К потребовалось сообщить ему количество теплоты, равное 997 Дж .
2. Баллон ёмкостью 10^{-2} м^3 с кислородом при давлении $8 \cdot 10^6 \text{ Па}$ и температуре 280 К нагревается до $288,5 \text{ К}$. Какое количество теплоты сообщено кислороду?
3. В цилиндре диаметром $0,2 \text{ м}$ и высотой $0,42 \text{ м}$ с подвижным поршнем находится газ под давлением $12 \cdot 10^5 \text{ Па}$ и при температуре 573 К . Определить работу, совершаемую газом при изобарном снижении температуры до 283 К .
4. Некоторая масса азота при давлении $1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$ имела объём 10^{-2} м^3 , а при давлении $3,039 \cdot 10^5 \text{ Па}$ - $4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$. Переход из первого состояния ко второму сделан в два этапа: сначала по изобаре, а затем по изохоре. Определить изменение внутренней энергии газа, совершённую работу и количество поглощённого тепла. Произведите аналогичные расчёты в случае обратного следования процессов: сначала по изохоре, а потом по изобаре. Сравните результаты расчётов в обоих случаях.
5. Какой газ подвергся изотермическому сжатию при температуре 300 К , если известно, что работа, совершённая внешними силами при сжатии 2 кг этого газа, равна $1,38 \cdot 10^6 \text{ Дж}$, а давление возросло от $5 \cdot 10^5 \text{ Па}$ до $15 \cdot 10^5 \text{ Па}$? Определить также начальный удельный объём этого газа.
6. Азот массой $0,20 \text{ кг}$ расширился изотермически при температуре 280 К , при этом объём азота возрос вдвое. Определить изменение внутренней энергии азота, работу, совершённую азотом, и сообщённое ему количество теплоты.

7. В двигателе внутреннего сгорания засосанный атмосферный воздух в объёме $1,0 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$ подвергается 12-кратному сжатию. Предполагая процесс сжатия адиабатным, определить конечное давление, конечную температуру и работу, совершённую газом при сжатии.

Занятие 11.

Тема: Энтропия. Фазовые переходы.

Вопросы для обсуждения:

1. Чем определяется знак изменения энтропии термодинамической системы?
2. Изменяется ли энтропия термодинамической системы при адиабатном процессе?
3. Как изменяется энтропия при равновесном изотермическом сжатии идеального газа?
4. Как выражается аналитически и графически в осях (Т,S) количество теплоты, сообщённое термодинамической системе в каком-либо обратимом процессе?
5. Как выражается аналитически и графически в осях (Т,S), где Т - температура, а S - энтропия, суммарное количество теплоты, сообщённое термодинамической системе, и суммарная работа, совершённая системой, с которой осуществлён обратимый процесс?
6. Как вычисляется изменение энтропии термодинамической системы при фазовых переходах 1 рода?
7. Температура плавления стали 1400°C . При сгорании пороха в канале ствола орудия температура достигает 3600°C . Почему ствол орудия не плавится при выстреле?
8. Если в воду при температуре $t = 0^{\circ}\text{C}$ бросить кусок льда при $t = -22^{\circ}\text{C}$, произойдет заметное увеличение массы льда. Процесс кристаллизации воды сопровождается выделением значительного количества теплоты. Почему же при этом вода не нагревается?
9. В кастрюле кипит вода, и в ней варятся макароны. Кипит ли вода в трубках макарон?

Задачи для решения:

1. При каких условиях производилось нагревание $22 \cdot 10^{-3}$ кг азота (при $V = \text{const}$ или $p = \text{const}$), если известно, что при этом нагревании энтропия возросла на $4,19$ Дж/К, а температура увеличилась в $1,2$ раза?
2. Определить изменение энтропии $1,00 \text{ м}^3$ воздуха при двукратном изотермическом увеличении объёма, если известно, что до расширения воздух находился под давлением $19,6 \cdot 10^4$ Па и температуре 273 К .
3. Водород массой $0,10$ кг сначала был изобарно нагрет так, что его объём увеличился втрое, а затем он был изохорно охлаждён так, что его давление уменьшилось втрое. Определить суммарное изменение энтропии.
4. Определить суммарное изменение энтропии $1,0 \cdot 10^{-3}$ кг водорода, испытавшего сначала адиабатное сжатие до вдвое меньшего объёма, а затем изотермическое расширение до начального объёма.
5. При изготовлении льда в домашнем холодильнике потребовалось 5 минут для того, чтобы охладить воду от 4 до 0°C , и еще 1 час 40 минут для того, чтобы она превратилась в лёд, температура которого 0°C ? Чему равна удельная теплота плавления льда?
6. В углублении, сделанном во льду вливают свинец. Сколько было взято свинца, если он остыл до температуры 0°C и при этом растопил лёд массой 270 г? Начальная температура льда 0°C , свинца 400°C .
7. В термос с водой поместили лёд при температуре -10°C . Масса воды 400 г, масса льда 100 г, начальная температура воды 20°C . Определите окончательную температуру в термосе.
8. При соблюдении некоторых предосторожностей воду можно переохлаждать, т.е. охладить ниже 0°C . Пробирку, содержащую 12 г переохлажденной воды с

температурой -5°C , встряхивают. При этом часть воды замерзает. Какова масса образовавшегося льда?

Задачи для самостоятельного решения:

1. К.п.д. цикла Карно равен 0,3. При изотермическом расширении рабочее вещество получило от нагревателя 200 Дж. Определить работу, совершённую при изотермическом сжатии.
2. Определить работу, совершённую ν моль идеального газа за один цикл, состоящий из двух изохор и двух адиабат.
3. С определённой массой идеального газа осуществлён цикл, состоящий из двух изобар и двух изотерм. Изобразить графически этот цикл в осях (T,p) , и (U,V) , где T - температура, p - давление, V - объём, ρ - плотность и U - внутренняя энергия газа. Как ведёт себя внутренняя энергия на каждом участке цикла? Ответы обосновать.
4. Идеальный двухатомный газ ($\nu=3$ моль), занимающий объём 5 л и находящийся под давлением 1 мПа, подвергают изохорному нагреванию до температуры 500 К. После этого газ подвергли изотермическому расширению до начального давления, а затем он в результате изобарного сжатия возвращён в первоначальное состояние. Построить график цикла и определить термический к.п.д. цикла.
5. Кислород массой $8,0 \cdot 10^{-3}$ кг, занимая объём $1,0 \cdot 10^{-2}$ м³ при температуре 353 К, переведен в состояние, в котором он занял объём в $4,0 \cdot 10^{-2}$ м³ при температуре 573 К. Определить изменение энтропии при этом переходе.
6. В результате изотермического сжатия $88,7 \cdot 10^{-2}$ м³ воздуха, находящегося при температуре 303 К и давлении $1,00 \cdot 10^5$ Па, энтропия его уменьшилась на 873 Дж/К. Определить конечный объём воздуха.
7. Определить изменение энтропии $6,0 \cdot 10^{-3}$ кг водорода при его переходе от одного состояния, которому соответствуют давление $1,5 \cdot 10^5$ Па и объём $2,0 \cdot 10^{-2}$ м³, в другое состояние, которому соответствуют давление $1,0 \cdot 10^5$ Па и объём $6,0 \cdot 10^{-2}$ м³.

Занятие 12

Тема: Реальные газы. Жидкости и их свойства.

Вопросы для обсуждения:

1. При каких условиях уравнение Менделеева – Клапейрона и вытекающие из него законы идеального газа описывают поведение реального газа?
2. Какие поправки ввел Ван –дер – Ваальс в уравнение Менделеева – Клапейрона?
3. В чем состоит основное отличие реального газа от идеального?
4. Какой смысл постоянных Ван –дер – Ваальса? Что такое внутреннее давление? Какое значение принимают эти постоянные для идеального газа?
5. Объясните различие опытных изотерм реального газа и изотерм, соответствующих уравнению Ван –дер – Ваальса.
6. Объясните особенности молекулярного строения жидкостей.
7. В чем заключаются особенности явлений переноса в жидкостях? Что общего и в чем различие этих явлений в жидкостях и газах?
8. Что называют поверхностным натяжением?
9. В чем сущность смачивания и несмачивания? Когда возникают эти явления?

Задачи для решения:

1. Один моль аргона занимает объём 1 л при температуре 300 К. Вычислите давление аргона: а) считая аргон идеальным газом; б) считая аргон реальным газом с силами внутреннего притяжения молекул, но пренебрегая их собственным объёмом; в) считая аргон реальным газом с собственным объёмом молекул, но пренебрегая силами внутреннего притяжения молекул; г) считая аргон реальным газом.

- Вычислите давление реального углекислого газа массой 1,1 кг, находящегося в баллоне 20 л при температуре 13⁰С. Сравните результат, считая газ идеальным. Вычислите температуру, при которой давление реального кислорода, имеющего плотность 100 г/л, равно 70ат. Сравните с температурой, считая газ идеальным.
- В баллоне емкостью 20 л находится 80 молей некоторого газа. При 14⁰С давление газа равно 90 ат, а при 63⁰С давление увеличилось до 109 ат. Вычислите постоянные Ван-дер-Ваальса для этого газа.
- Поверхностное натяжение керосина равно 0,024 Н/м. Какую работу совершат силы поверхностного натяжения, если площадь поверхностного слоя керосина уменьшится на 50 см².
- Определить давление воздуха в мыльном пузыре радиусом 3 см, если атмосферное давление 10⁵ Па. Поверхностное натяжение 0,04 Н/м.
- Определить поверхностное натяжение спирта, если в капиллярной трубке диаметром 1 мм он поднялся на 11 мм.

Задачи для самостоятельного решения:

- Можно ли 300 г азота, находящегося в сосуде объемом 0,5 л при температуре 27⁰С считать идеальным газом?
- Две одинаковые сферические капли ртути радиусом 2 мм слились в одну. На сколько изменилась энергия поверхностного слоя капель?
- На какую высоту поднимется вода (температура 20⁰С) между двумя параллельными стеклянными пластинами, расположенными на расстоянии 1 мм? Смачивание считать полным. Коэффициент поверхностного натяжения воды 70 мН/м.
- Найти поверхностное натяжение глицерина, если высота подъема по капилляру диаметром 1 мм равна 20 мм. Считать, что имеет место полное смачивание. Плотность глицерина 1260 кг/м³.

Лабораторные работы

Не предусмотрены.

Самостоятельная работа

Самостоятельная работа включает в себя:

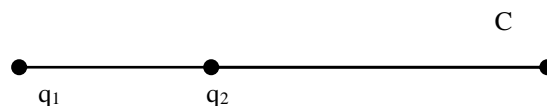
- Изучение теоретического материала по учебным пособиям.
- Решение задач, предназначенных для самостоятельного решения.

6. Критерии оценивания результатов освоения дисциплины (модуля)

6.1. Оценочные средства и критерии оценивания для текущей аттестации

Контрольная работа №1 (7 семестр)

- Заряды 2 нКл и -8 нКл расположены на расстоянии 10 см. Определите силу, с которой второй заряд действует на первый; напряженность и потенциал электрического поля в точке С. Расстояние от второго заряда до точки С равно 20 см.
- Определите ЭДС и внутреннее сопротивление аккумулятора, если при подключении к нему резистора сопротивлением 4 Ом сила тока равна 0,2 А, а при подключении резистора 7 Ом сила тока равна 0,14 А.
- В магнитном поле с индукцией 0,2 Тл вращают стержень длиной 0,2 м с постоянной угловой скоростью 50 рад/с. Найдите разность потенциалов на концах стержня, если ось вращения проходит через конец стержня параллельно силовым линиям магнитного поля.



4. Действительное изображение предмета, полученное с помощью собирающей линзы, находится от нее на расстоянии 80 см. Собирающую линзу заменяют рассеивающей с таким же фокусным расстоянием. В этом случае изображение находится на расстоянии 20 см от линзы. Определите фокусное расстояние линз и увеличение в каждом случае.
5. Луч света падает на поверхность раздела двух сред под углом 30° . определите угол преломления, если скорость света в первой среде $2,5 \cdot 10^8$ м/с, а показатель преломления второй среды 1,4.
6. Изолированная металлическая пластинка освещается светом с длиной волны 450 нм. Работа выхода электронов из металла 2 эВ. До какого потенциала зарядится пластинка при непрерывном действии света?

Контрольная работа №2 (8 семестр)

1. Координаты двух тел, движущихся вдоль оси Ох, зависят от времени следующим образом: $x_1 = 6t - 3t^2$; $x_2 = 2t + t^2$. Каковы начальные координаты, начальные скорости и ускорения тел? Укажите момент времени, в который оба тела будут на одинаковом расстоянии от начала координат. Найти расстояние между телами через 5 секунд.
2. У поверхности Земли на космонавта действует гравитационная сила **720 Н**. Какая гравитационная сила действует со стороны Земли на того же космонавта в космическом корабле, который с помощью реактивного двигателя удерживается неподвижно относительно Земли на расстоянии двух ее радиусов от земной поверхности?
3. Два шарика, массы которых $m_1 = 200\text{г}$ и $m_2 = 300\text{г}$, подвешены на одинаковых нитях длиной **50 см**. Шарик m_1 отклонили от положения равновесия на угол $\alpha = 90^\circ$ и отпустили. На какую высоту поднимутся шарики после абсолютно неупругого удара. (ответ выразить в сантиметрах).
4. Идеальный двухатомный газ занимает объем 1 литр и находится под давлением 0,1 МПа. Газ сначала адиабатно сжимают, а затем изохорно охлаждают до первоначальной температуры. Конечное давление 0,2 МПа. Определите объем и давление в конце адиабатного процесса, изменение внутренней энергии, сообщенное количество теплоты и совершенную газом работу. Начертите график этих процессов.
5. Найдите выражение для к.п.д. газотурбинной установки через параметры цикла, состоящего из двух адиабатных и двух изобарных процессов. Параметром цикла является степень повышения давления $\delta = \frac{p_2}{p_1}$ при адиабатном сжатии.

Критерии оценивания контрольной работы:

Студенту засчитывается выполнение контрольной работы в случае, если он выполняет правильно не менее 4 задач данной работы в 7 и 8 семестрах и может объяснить ход решения указанной преподавателем задачи.

6.2. Оценочные средства и критерии оценивания для промежуточной аттестации

Семестры 7, 8

Критерии для получения зачета

Оценка «зачтено» выставляется если студент:

1. Написал контрольную работу на положительную оценку.
2. Посетил все практические занятия и выполнил задания для самостоятельной работы. В случае пропуска занятия должно быть отработано.

Зачет выставляется студенту при выполнении всех пунктов требований.

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

7.1. Основная литература

1. *Бабецкий, В. И.* Механика в примерах и задачах : учебное пособие для вузов / В. И. Бабецкий, О. Н. Третьякова. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 92 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05428-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/492754>
2. *Бабецкий, В. И.* Прикладная физика. Механика. Электромагнетизм : учебное пособие для вузов / В. И. Бабецкий, О. Н. Третьякова. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 325 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08705-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/506924>
3. *Бондарев, Б. В.* Курс общей физики в 3 кн. Книга 1: механика : учебник для бакалавров / Б. В. Бондарев, Н. П. Калашников, Г. Г. Спиринов. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 353 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-1753-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/509098>
4. *Бондарев, Б. В.* Курс общей физики в 3 кн. Книга 2: электромагнетизм, оптика, квантовая физика : учебник для бакалавров / Б. В. Бондарев, Н. П. Калашников, Г. Г. Спиринов. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 441 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-1754-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/509100>
5. *Бондарев, Б. В.* Курс общей физики в 3 кн. Книга 3: термодинамика, статистическая физика, строение вещества : учебник для бакалавров / Б. В. Бондарев, Н. П. Калашников, Г. Г. Спиринов. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 369 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-1755-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/508976>
6. *Бухарова, Г. Д.* Электричество и магнетизм. Методика преподавания : учебное пособие для вузов / Г. Д. Бухарова. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 246 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-09387-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/491192>
7. *Горлач, В. В.* Физика. Задачи, тесты. Методы решения : учебное пособие для вузов / В. В. Горлач. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 343 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-12350-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/494407>
8. *Прошкин, С. С.* Механика. Сборник задач : учебное пособие для вузов / С. С. Прошкин, В. А. Самолетов, Н. В. Ниженский. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 293 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04916-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/492831>
9. *Прошкин, С. С.* Механика, термодинамика и молекулярная физика. Сборник задач : учебное пособие для вузов / С. С. Прошкин, В. А. Самолетов, Н. В. Ниженский. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 467 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04772-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/492183>
10. *Трофимова, Т. И.* Руководство к решению задач по физике : учебное пособие для вузов / Т. И. Трофимова. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 265 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-3429-8. — Текст :

7.2. Дополнительная литература

1. Иродов И.Е. Задачи по квантовой физике : Учеб. пособие для студ. вузов .— 2-е изд., испр. — М.;СПб. : Лаборатория Базовых Знаний: ФИЗМАТЛИТ, 2001 .— 214 с.
2. Сахаров, Дмитрий Иванович. Сборник задач по физике для вузов .— / 13-е изд., испр. и доп. — М. : ОНИКС 21 век; Мир и Образование, 2003.
3. Селюк Б.В. Учись решать задачи по физике: Механика: Пособие для учащихся общеобразоват. учреждений [9-11 кл.] / Б.В.Селюк, Ю.Г.Елисеев; Ком. по образованию адм. Смол. обл.; Смол. гос. пед. ун-т .— Смоленск : [СГПУ], 2000 .
4. Селюк Б.В. Учись решать задачи по физике: Электродинамика, оптика, квантовая физика : Пособие для учащихся [10-11 кл. общеобразоват. учреждений] / М-во образования Рос. Федерации; Смол. гос. пед. ун-т; Каф. физики .— Смоленск : СГПУ, 2004 .— 103 с.

7.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. <http://www.physolymp.ru/> сайт олимпиад по физике
2. <https://mephi.ru/schoolkids/olympiads/> – примеры решения олимпиад физтеха.
3. <https://mipt.ru/abiturs/olympiads/fizteh/> – примеры решения олимпиад МИФИ.
4. <http://www.msu.ru/entrance/olimp.html> - разборы олимпиад МГУ.
5. <https://olymp.hse.ru/mmo/physics> – решение задач олимпиад ВШЭ.

8. Материально-техническое обеспечение

Аудитория для проведения практических занятий 423 уч. к. 2 со следующим оборудованием:

- доска с размерами не менее 3000х1300 мм

9. Программное обеспечение

1. Пакет офисных программ.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 03B6A3C600B7ADA9B742A1E041DE7D81B0
Владелец: Артеменков Михаил Николаевич
Действителен: с 04.10.2021 до 07.10.2022