

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ВЛАДИВОСТОКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И СИСТЕМ

Рабочая программа дисциплины (модуля)
ФИЗИКА

Направление и направленность (профиль)
21.03.01 Нефтегазовое дело. Нефтегазовое дело

Год набора на ОПОП
2022

Форма обучения
очная

Владивосток 2024

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Физика» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 21.03.01 Нефтегазовое дело (утв. приказом Минобрнауки России от 09.02.2018г. №96) и Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утв. приказом Минобрнауки России от 06.04.2021 г. N245).

Составитель(и):

Сёмкин С.В., доктор физико-математических наук, профессор, Кафедра информационных технологий и систем, S.Semkin@vvsu.ru

Тюев А.В., кандидат физико-математических наук, доцент, Кафедра информационных технологий и систем, Tyueev.AV@vvsu.ru

Утверждена на заседании кафедры информационных технологий и систем от 31.05.2024, протокол № 9

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой (разработчика)

Кийкова Е.В.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат	1575633692
Номер транзакции	0000000000C3DD0C
Владелец	Кийкова Е.В.

1 Цель, планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)

Целью освоения дисциплины «Физика» является формирование у студентов необходимых знаний основных законов механики, молекулярной физики и термодинамики, электромагнетизма, оптики, атомной и ядерной физики.

Задачи освоения дисциплины состоят в развитии у студентов умения находить наиболее рациональные пути анализа и решения физических задач, имеющих практическое применение, решать задачи эффективности технологических процессов и производств, уменьшения энергопотребления, использовании новых материалов.

Планируемыми результатами обучения по дисциплине (модулю), являются знания, умения, навыки. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы, представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Компетенции, формируемые в результате изучения дисциплины (модуля)

Название ОПОП ВО, сокращенное	Код и формулировка компетенции	Код и формулировка индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине		
			Код результата	Формулировка результата	
21.03.01 «Нефтегазовое дело» (Б-НД)	ОПК-1 : Способен решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общинженерные знания	ОПК-1.2к : использует естественнонаучные методы и модели в технических приложениях, выделяет конкретное содержание в прикладных задачах	РД1	Знание	основных физических явлений, фундаментальных понятий, законов и теорий классической и современной физики, современной научной аппаратуры
			РД2	Умение	самостоятельно анализировать естественнонаучную литературу, использовать физические методы и модели в технических приложениях, выделять конкретное физическое содержание в прикладных задачах будущей деятельности
			РД3	Навык	аналитического и экспериментального исследования основных физических законов и технологических процессов, аппаратурой исследований, терминологией физических законов

2 Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Отнесение дисциплины к обязательной части Блока 1 Дисциплины (модули) учебного плана определяется спецификой и миссией ВВГУ, а также особенностями

взаимодействия ВВГУ с рынком труда и региональными требованиями, выраженными в результатах образования и компетенциях.

Входными требованиями, необходимыми для освоения дисциплины, является наличие у обучающихся компетенций, сформированных на предыдущем уровне образования.

3. Объем дисциплины (модуля)

Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу с обучающимися (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу, приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Общая трудоемкость дисциплины

Название ОПОП ВО	Форма обучения	Часть УП	Семестр (ОФО) или курс (ЗФО, ОЗФО)	Трудо-емкость (З.Е.)	Объем контактной работы (час)					СРС	Форма аттес-тации	
					Всего	Аудиторная			Внеауди-торная			
				лек.		прак.	лаб.	ПА	КСР			
21.03.01 Нефтегазовое дело	ОФО	Б1.Б	1	4	73	36	36	0	1	0	71	Э

4 Структура и содержание дисциплины (модуля)

4.1 Структура дисциплины (модуля) для ОФО

Тематический план, отражающий содержание дисциплины (перечень разделов и тем), структурированное по видам учебных занятий с указанием их объемов в соответствии с учебным планом, приведен в таблице 3.1

Таблица 3.1 – Разделы дисциплины (модуля), виды учебной деятельности и формы текущего контроля для ОФО

№	Название темы	Код результата обучения	Кол-во часов, отведенное на				Форма текущего контроля
			Лек	Практ	Лаб	СРС	
1	Введение. Основы кинематики поступательного и вращательного движений.	РД1, РД2, РД3	3	4	0	4	практическая работа
2	Динамика поступательного и вращательного движений. Законы Ньютона. Законы сохранения импульса, момента импульса и механической энергии.	РД1, РД2, РД3	3	8	0	4	практическая работа
3	Общая и специальная теория относительности.	РД1	2	0	0	4	практическая работа
4	Основы молекулярной физики. Основы кинетической теории. Первое начало термодинамики.	РД1, РД2, РД3	2	2	0	4	практическая работа
5	Энтропия. Второе и третье начала термодинамики. Свойства реальных газов, жидкостей и твердых тел.	РД1, РД2, РД3	2	2	0	4	практическая работа

6	Электростатика. Потенциал электростатического поля. Электрическое поле в веществе. Проводники в электростатическом поле.	РД1, РД2, РД3	2	2	0	4	практическая работа
7	Постоянный электрический ток. Электрические цепи. Работа и мощность тока. Электрический ток в различных средах.	РД1, РД2, РД3	2	2	0	4	практическая работа
8	Магнитное поле. Закон Био-Савара-Лапласа. Свойства магнитного поля. Электромагнитная индукция.	РД1, РД2, РД3	2	2	0	4	практическая работа
9	Магнитные поля в веществе. Электромагнитные колебания. Цепи переменного тока. Уравнения Максвелла.	РД1	2	0	0	5	практическая работа
10	Свободные и вынужденные колебания, сложение колебаний.	РД1, РД2, РД3	2	2	0	4	практическая работа
11	Волны. Уравнение волны. Энергия, перенос энергии волной.	РД1	2	0	0	5	практическая работа
12	Геометрическая оптика. Волновые свойства света.	РД1, РД2, РД3	2	6	0	4	практическая работа
13	Квантовая теория излучения. Корпускулярные свойства света.	РД1	2	0	0	4	практическая работа
14	Тепловое излучение, фотоэффект.	РД1, РД2, РД3	2	2	0	4	практическая работа
15	Теория строения атома. Элементы квантовой механики.	РД1, РД2, РД3	2	2	0	4	практическая работа
16	Квантовая теория твердых тел. Элементы физики атомного ядра.	РД1	2	0	0	5	практическая работа
17	Радиоактивность. Ядерные реакции. Элементы физики элементарных частиц. Использование атомной энергии.	РД1, РД2, РД3	2	2	0	4	практическая работа
Итого по таблице			36	36	0	71	

4.2 Содержание разделов и тем дисциплины (модуля) для ОФО

Тема 1 Введение. Основы кинематики поступательного и вращательного движений.

Содержание темы: Введение. Физические основы механики. Кинематика и динамика материальной точки. Скорость и ускорение. Угловая скорость и угловое ускорение.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: лекция, практическое занятие.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: подготовка к промежуточному тестированию, практическим работам.

Тема 2 Динамика поступательного и вращательного движений. Законы Ньютона. Законы сохранения импульса, момента импульса и механической энергии.

Содержание темы: Динамические характеристики поступательного движения. Сила. Масса. Импульс. Виды сил. Первый закон Ньютона. Второй закон Ньютона. Третий закон Ньютона. Закон сохранения импульса. Динамические характеристики вращательного движения. Основное уравнение динамики вращательного движения. Закон сохранения момента импульса.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: лекция, практическое занятие.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: подготовка к промежуточному тестированию, практическим работам.

Тема 3 Общая и специальная теория относительности.

Содержание темы: Общая теория относительности. Специальная теория относительности.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: лекция.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: подготовка к промежуточному тестированию.

Тема 4 Основы молекулярной физики. Основы кинетической теории. Первое начало термодинамики.

Содержание темы: Основы молекулярной физики. Основы кинетической теории. Первое начало термодинамики.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: лекция, практическое занятие.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: подготовка к промежуточному тестированию, практическим работам.

Тема 5 Энтропия. Второе и третье начала термодинамики. Свойства реальных газов, жидкостей и твердых тел.

Содержание темы: Энтропия. Второе начало термодинамики. Третье начало термодинамики. Свойства реальных газов, жидкостей и твердых тел.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: лекция, практическое занятие.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: подготовка к промежуточному тестированию, практическим работам.

Тема 6 Электростатика. Потенциал электростатического поля. Электрическое поле в веществе. Проводники в электростатическом поле.

Содержание темы: Электростатика. Потенциал электростатического поля. Электрическое поле в веществе. Проводники в электростатическом поле.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: лекция, практическое занятие.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: подготовка к промежуточному тестированию, практической работам.

Тема 7 Постоянный электрический ток. Электрические цепи. Работа и мощность тока. Электрический ток в различных средах.

Содержание темы: Постоянный электрический ток. Электрические цепи. Работа и мощность тока. Электрический ток в различных средах.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: лекция, практическое занятие.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: подготовка к промежуточному тестированию, практическим работам.

Тема 8 Магнитное поле. Закон Био-Савара-Лапласа. Свойства магнитного поля. Электромагнитная индукция.

Содержание темы: Магнитное поле. Закон Био-Савара-Лапласа. Свойства магнитного поля. Электромагнитная индукция.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: лекция, практическое занятие.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: подготовка к промежуточному тестированию, практической работам.

Тема 9 Магнитные поля в веществе. Электромагнитные колебания. Цепи переменного тока. Уравнения Максвелла.

Содержание темы: Магнитные поля в веществе. Электромагнитные колебания. Цепи переменного тока. Уравнения Максвелла.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: лекция.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: подготовка к промежуточному тестированию.

Тема 10 Свободные и вынужденные колебания, сложение колебаний.

Содержание темы: Свободные и вынужденные колебания, сложение колебаний.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: лекция, практическое занятие.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: подготовка к промежуточному тестированию, практической работам.

Тема 11 Волны. Уравнение волны. Энергия, перенос энергии волной.

Содержание темы: Волны. Уравнение волны. Энергия, перенос энергии волной.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: лекция.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: подготовка к промежуточному тестированию.

Тема 12 Геометрическая оптика. Волновые свойства света.

Содержание темы: Геометрическая оптика. Волновые свойства света.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: лекция, практическое занятие.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: подготовка к промежуточному тестированию, практическим работам.

Тема 13 Квантовая теория излучения. Корпускулярные свойства света.

Содержание темы: Квантовая теория излучения. Корпускулярные свойства света.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: лекция.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: подготовка к промежуточному тестированию.

Тема 14 Тепловое излучение, фотоэффект.

Содержание темы: Тепловое излучение, фотоэффект.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: лекция, практическое занятие.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: подготовка к промежуточному тестированию, практическим работам.

Тема 15 Теория строения атома. Элементы квантовой механики.

Содержание темы: Теория строения атома. Элементы квантовой механики.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: лекция, практическое занятие.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: подготовка к промежуточному тестированию, практическим работам.

Тема 16 Квантовая теория твердых тел. Элементы физики атомного ядра.

Содержание темы: Квантовая теория твердых тел. Элементы физики атомного ядра.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: лекция.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: подготовка к промежуточному тестированию.

Тема 17 Радиоактивность. Ядерные реакции. Элементы физики элементарных частиц. Использование атомной энергии.

Содержание темы: Радиоактивность. Ядерные реакции. Элементы физики элементарных частиц. Использование атомной энергии.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: лекция, практическое занятие.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: подготовка к промежуточному тестированию, практическим работам.

5 Методические указания для обучающихся по изучению и реализации дисциплины (модуля)

5.1 Методические рекомендации обучающимся по изучению дисциплины и по обеспечению самостоятельной работы

В ходе изучения дисциплины «Физика» студенты могут посещать аудиторные занятия (лекции, практические занятия, консультации). Особенность изучения дисциплины «Физика» состоит в выполнении комплекса задач, главной задачей которого является приобретение знаний и умений, предназначенных для решения определенного круга профессиональных задач.

В соответствии с учебным планом направления подготовки процесс изучения дисциплины может предусматривать проведение лекций, практических занятий, консультаций, а также самостоятельную работу студентов.

Особое место в овладении частью тем данной дисциплины может отводиться самостоятельной работе, при этом во время аудиторных занятий могут быть рассмотрены и проработаны наиболее важные и трудные вопросы по той или иной теме дисциплины, а второстепенные и более легкие вопросы, а также вопросы, специфичные для направления подготовки, могут быть изучены студентами самостоятельно.

Для закрепления пройденного материала, подготовки к тестам, практическим занятиям, практическим работам студентам рекомендуется использовать вопросы для самоконтроля:

Вопросы для самоконтроля:

Укажите формулу (формулы), уравнение (уравнения), определение (определения), понятие (понятия), формулировку (формулировки).

1. Формула определения мгновенной скорости.
2. Путь при равноускоренном движении – формула.
3. Изменение угла при равноускоренном вращении – формула.
4. Работа, формула для произвольного пути и произвольной силы.
5. Момент инерции – определение.
6. Закон всемирного тяготения – определение.
7. Центробежная сила инерции – формула.
8. Формула определения средней скорости.
9. Формула нормального ускорения.
10. Первый закон Ньютона – определение.
11. Абсолютно упругий удар. Абсолютно неупругий удар – определения.
12. Космические скорости – понятие, формулы.
13. Вязкость (внутреннее трение) – понятие.
14. Формула модуля ускорения.
15. Угловая скорость через период – формула.
16. Третий закон Ньютона – определение.
17. Потенциальная энергия – определение.
18. Кинетическая энергия вращения – формула.
19. Сила Кориолиса – формула.
20. Преобразования Галилея – формулы.
21. Изменение скорости при равноускоренном движении – формула.
22. Изменение угла при равноускоренном вращении – формула.
23. Сила трения скольжения – определение, формула.
24. Закон сохранения энергии – определение, формула.
25. Закон Гука – формула.
26. Уравнение Бернулли – формула.
27. Полная энергия релятивистской частицы – формула.
28. Определение температуры.
29. Определение идеального газа.
30. Закон Бойля-Мариотта – формула.
31. Закон Авогадро – формулировка.
32. Закон Дальтона – формулировка.
33. Закон Гей-Люссака – формула.
34. Уравнение Клапейрона-Менделеева.
35. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории.
36. Закон Максвелла о распределении молекул идеального газа по скоростям – формула.
37. Барометрическая формула.
38. Средняя длина свободного пробега молекул в газах – формула.
39. Формула коэффициента вязкости в газах.
40. Формула коэффициента диффузии в газах.
41. Формула коэффициента теплопроводности в газах.
42. Закон о равномерном распределении энергии по степеням свободы молекул – определение.
43. Первое начало термодинамики – определение.
44. Работа газа при изменении его объема – формула.
45. Теплоемкость при постоянном объеме – формула.
46. Теплоемкость при постоянном давлении – формула.
47. Работа при изохорном процессе – формула.
48. Работа при изобарном процессе – формула.

49. Работа при изотермическом процессе – формула.
50. Работа при адиабатическом процессе – формула.
51. Энтропия – формула.
52. Второе начало термодинамики – любая формулировка.
53. Теорема Карно – формулировка.
54. Уравнение Ван-дер-Ваальса (уравнение состояния реальных газов).
55. Внутренняя энергия реального газа – формула.
56. Сила поверхностного натяжения – формула.
57. Затраты тепла на испарение – формула.
58. Затраты тепла на плавление – формула.
59. Закон Кулона – формула.
60. Напряженность электростатического поля – определение.
61. Поток вектора напряженности электрического поля – формула.
62. Принцип суперпозиции электрических полей – формула.
63. Поле электрического диполя – формула.
64. Теорема Гаусса для электростатического поля в вакууме – формула.
65. Потенциал электростатического поля на примере одиночного заряда – формула.
66. Связь между напряженностью и потенциалом – формула.
67. Напряженность поля в диэлектрике – формула.
68. Связь D и E – формула.
69. Электроемкость – формула.
70. Емкость плоского конденсатора – формула.
71. Емкость батареи конденсаторов при последовательном соединении – формула.
72. Энергия заряженного конденсатора – формула.
73. Энергия электростатического поля – формула.
74. Плотность электрического тока – формула.
75. Закон Ома для полной цепи – формула.
76. Работа и мощность тока – формулы.
77. Правила Кирхгофа для разветвленных цепей – формулы.
78. Принцип суперпозиции магнитного поля – формула.
79. Закон Био-Савара-Лапласа – формула.
80. Закон Ампера – формула.
81. Связь B и H – формула.
82. Магнитное поле движущегося заряда – формула.
83. Действие магнитного поля на движущийся заряд – формула.
84. Теорема о циркуляции вектора B – формулировка.
85. Магнитное поле соленоида – формула.
86. Поток вектора магнитной индукции – формула.
87. Теорема Гаусса для потока вектора магнитной индукции – формула.
88. Работа по перемещению проводника и контура с током в магнитном поле – формула.
89. Закон Фарадея (закон электромагнитной индукции) – формула.
90. Энергия магнитного поля – формула.
91. Закон полного тока для магнитного поля в веществе (теорема о циркуляции вектора B) – формула.
92. Теорема о циркуляции вектора H – формула.
93. Колебания – определение.
94. Связь периода колебаний и круговой частоты – формула.
95. Формула частоты колебаний пружинного маятника.
96. Формула частоты колебаний математического маятника.
97. Уравнение колебаний механического маятника.
98. Уравнение колебаний математического маятника.
99. Формула частоты колебаний в электрическом контуре с емкостью и индуктивностью.

100. Уравнение колебаний в электрическом контуре для заряда.
101. Уравнение колебаний механического маятника с затуханием.
102. Формула декремента затухания.
103. Формула решения уравнения затухающих колебаний.
104. Уравнение вынужденных механических колебаний.
105. Вынужденные электромагнитные колебания – уравнение.
106. Формула индуктивного реактивного сопротивления.
107. Формула емкостного реактивного сопротивления.
108. Импеданс цепи с последовательными емкостью, индуктивностью и сопротивлением – формула.
109. Формула резонансной частоты.
110. Формула средней мощности в цепи переменного тока.
111. Волна – определение.
112. Формула связи длины волны и периода.
113. Формула волнового числа.
114. Формула плоской бегущей волны, распространяющейся вдоль оси x .
115. Волновое уравнение для плоской волны, распространяющейся вдоль оси x .
116. Формула интенсивности звука.
117. Скорость звука в идеальных газах – формула
118. Эффект Доплера в акустике – понятие.
119. Волновое уравнение для электромагнитной волны.
120. Вектор плотности потока электромагнитной энергии (вектор Умова-Пойнтинга) – формула.
121. Закон отражения света – формулировка.
122. Закон преломления света – формулировка.
123. Формула показателя преломления среды через скорости света.
124. Формула тонкой линзы через радиусы кривизны.
125. Формула светового потока через энергию.
126. Формула силы света.
127. Формула усиления света при интерференции.
128. Формула ослабления света при интерференции.
129. Дифракция – определение.
130. Формула разрешающей способности спектрометра.
131. Дисперсия света – определение.
132. Закон ослабления света в веществе – формула.
133. Формула продольного эффекта Доплера.
134. Формула поперечного эффекта Доплера.
135. Закон Стефана-Больцмана – формула.
136. Формула Планка излучения абсолютно черного тела.
137. Формула Планка связи энергии и частоты света.
138. Формула Эйнштейна для фотоэффекта.
139. Формула импульса фотона.
140. Длина волны Де-Бройля – определение.
141. Соотношение неопределенности для импульса и для энергии – понятия.

5.2 Особенности организации обучения для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

При необходимости обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов (по заявлению обучающегося) предоставляется учебная

информация в доступных формах с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

- для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания, консультации и др.

- для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания, консультации и др.

- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; индивидуальные задания, консультации и др.

6 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

В соответствии с требованиями ФГОС ВО для аттестации обучающихся на соответствие их персональных достижений планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю) созданы фонды оценочных средств. Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 1.

7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

7.1 Основная литература

1. Савельев И.В. Курс общей физики. В 3 т. Том 3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц [Электронный ресурс] : Издательство "Лань" , 2019 - 320 - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/123463#book>

2. Сивухин Д. В. Общий курс физики : Учебники [Электронный ресурс] - Москва : Физматлит , 2014 - 544 - Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=275624

3. Хавруняк, В. Г. Курс физики : учебное пособие / В.Г. Хавруняк. — Москва : ИНФРА-М, 2021. — 400 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI 10.12737/762. - ISBN 978-5-16-006395-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1149108> (дата обращения: 18.06.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

7.2 Дополнительная литература

1. Сивухин Д. В. Общий курс физики : Учебники [Электронный ресурс] - Москва : Физматлит , 2014 - 560 - Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=275610

7.3 Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы (при необходимости):

1. Справочно-правовая система «КонсультантПлюс» (<http://www.consultant.ru>).

2. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» - Режим доступа: <http://biblioclub.ru/>

3. Электронно-библиотечная система "ZNANIUM.COM"
4. Электронно-библиотечная система издательства "Лань" - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/>
5. Open Academic Journals Index (ОАИ). Профессиональная база данных - Режим доступа: <http://oaji.net/>
6. Президентская библиотека им. Б.Н.Ельцина (база данных различных профессиональных областей) - Режим доступа: <https://www.prlib.ru/>

8 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения

Основное оборудование:

- Мультимедийный комплект №2 в составе:проектор Casio XJ-M146,экран 180*180,крепление потолочное
- Система аудиовизуального представления информации

Программное обеспечение:

- Microsoft Office Professional Plus 2013 Russian
- Microsoft Windows Professional 7 Russian

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ВЛАДИВОСТОКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И СИСТЕМ

Фонд оценочных средств
для проведения текущего контроля
и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

ФИЗИКА

Направление и направленность (профиль)
21.03.01 Нефтегазовое дело. Нефтегазовое дело

Год набора на ОПОП
2022

Форма обучения
очная

1 Перечень формируемых компетенций

Название ОПОП ВО, сокращенное	Код и формулировка компетенции	Код и формулировка индикатора достижения к компетенции
21.03.01 «Нефтегазовое дело» (Б-НД)	ОПК-1: Способен решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общеинженерные знания	ОПК-1.2к: использует естественнонаучные методы и модели в технических приложениях, выделяет конкретное содержание в прикладных задачах

Компетенция считается сформированной на данном этапе в случае, если полученные результаты обучения по дисциплине оценены положительно (диапазон критериев оценивания результатов обучения «зачтено», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично»). В случае отсутствия положительной оценки компетенция на данном этапе считается несформированной.

2 Показатели оценивания планируемых результатов обучения

Компетенция ОПК-1 «Способен решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общеинженерные знания»

Таблица 2.1 – Критерии оценки индикаторов достижения компетенции

Код и формулировка индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине			Критерии оценивания результатов обучения
	Код рез-та	Тип рез-та	Результат	
ОПК-1.2к : использует естественнонаучные методы и модели в технических приложениях, выделяет конкретное содержание в прикладных задачах	РД1	Знание	основных физических явлений, фундаментальных понятий, законов и теорий классической и современной физики, современной научной аппаратуры	Сформировавшееся систематическое знание основных физических явлений, фундаментальных понятий, законов и теорий классической и современной физики, современной научной аппаратуры
	РД2	Умение	самостоятельно анализировать естественнонаучную литературу, использовать физические методы и модели в технических приложениях, выделять конкретное физическое содержание в прикладных задачах будущей деятельности	Сформировавшееся систематическое умение самостоятельно анализировать естественнонаучную литературу, использовать физические методы и модели в технических приложениях, выделять конкретное физическое содержание в прикладных задачах будущей деятельности
	РД3	Навык	аналитического и экспериментального	Сформировавшееся систематическое

			исследования основных физических законов и технологических процессов, аппаратурой исследований, терминологией физических законов	владение аналитическим и экспериментальным исследованием основных физических законов и технологических процессов, аппаратурой исследований, терминологией физических законов
--	--	--	--	--

Таблица заполняется в соответствии с разделом 1 Рабочей программы дисциплины (модуля).

3 Перечень оценочных средств

Таблица 3 – Перечень оценочных средств по дисциплине (модулю)

Контролируемые планируемые результаты обучения	Контролируемые темы дисциплины	Наименование оценочного средства и представление его в ФОС		
		Текущий контроль	Промежуточная аттестация	
Очная форма обучения				
РД1	Знание: основных физических явлений, фундаментальных понятий, законов и теорий классической и современной физики, современной научной аппаратуры	1.1. Введение. Основы кинематики поступательного и вращательного движений.	не предусмотрен	Тест
		1.2. Динамика поступательного и вращательного движений. Законы Ньютона. Законы сохранения импульса, момента импульса и механической энергии.	не предусмотрен	Тест
		1.3. Общая и специальная теория относительности.	не предусмотрен	Тест
		1.4. Основы молекулярной физики. Основы кинетической теории. Первое начало термодинамики.	не предусмотрен	Тест
		1.5. Энтропия. Второе и третье начала термодинамики. Свойства реальных газов, жидкостей и твердых тел.	не предусмотрен	Тест
		1.6. Электростатика. Потенциал электростатического поля. Электрическое поле в веществе. Проводники в электростатическом поле.	не предусмотрен	Тест
		1.7. Постоянный электрический ток. Электрические цепи. Работа и мощность тока.	не предусмотрен	Тест

		Электрический ток в различных средах.		
		1.8. Магнитное поле. Закон Био-Савара-Лапласа. Свойства магнитного поля. Электромагнитная индукция.	не предусмотрен	Тест
		1.9. Магнитные поля в веществе. Электромагнитные колебания. Цепи переменного тока. Уравнения Максвелла.	не предусмотрен	Тест
		1.10. Свободные и вынужденные колебания, сложение колебаний.	не предусмотрен	Тест
		1.11. Волны. Уравнение волны. Энергия, перенос энергии волной.	не предусмотрен	Тест
		1.12. Геометрическая оптика. Волновые свойства света.	не предусмотрен	Тест
		1.13. Квантовая теория излучения. Корпускулярные свойства света.	не предусмотрен	Тест
		1.14. Тепловое излучение, фотоэффект.	не предусмотрен	Тест
		1.15. Теория строения атома. Элементы квантовой механики.	не предусмотрен	Тест
		1.16. Квантовая теория твердых тел. Элементы физики атомного ядра.	не предусмотрен	Тест
		1.17. Радиоактивность. Ядерные реакции. Элементы физики элементарных частиц. Использование атомной энергии.	не предусмотрен	Тест
РД2	Умение: самостоятельно анализировать естественнонаучную литературу, использовать физические методы и модели в технических приложениях, выделять конкретное физическое содержание в прикладных задачах будущей деятельности	1.1. Введение. Основы кинематики поступательного и вращательного движений.	Практическая работа	Практическая работа
		1.2. Динамика поступательного и вращательного движений. Законы Ньютона. Законы сохранения импульса, момента импульса и механической энергии.	Практическая работа	Практическая работа
		1.4. Основы молекулярной физики. Основы кинетической теории. Первое начало термодинамики.	Практическая работа	Практическая работа

		1.5. Энтропия. Второе и третье начала термодинамики. Свойства реальных газов, жидкостей и твердых тел.	Практическая работа	Практическая работа
		1.6. Электростатика. Потенциал электростатического поля. Электрическое поле в веществе. Проводники в электростатическом поле.	Практическая работа	Практическая работа
		1.7. Постоянный электрический ток. Электрические цепи. Работа и мощность тока. Электрический ток в различных средах.	Практическая работа	Практическая работа
		1.8. Магнитное поле. Закон Био-Савара-Лапласа. Свойства магнитного поля. Электромагнитная индукция.	Практическая работа	Практическая работа
		1.10. Свободные и вынужденные колебания, сложение колебаний.	Практическая работа	Практическая работа
		1.12. Геометрическая оптика. Волновые свойства света.	Практическая работа	Практическая работа
		1.14. Тепловое излучение, фотоэффект.	Практическая работа	Практическая работа
		1.15. Теория строения атома. Элементы квантовой механики.	Практическая работа	Практическая работа
		1.17. Радиоактивность. Ядерные реакции. Элементы физики элементарных частиц. Использование атомной энергии.	Практическая работа	Практическая работа
РДЗ	Навык: аналитического и экспериментального исследования основных физических законов и технологических процессов, аппаратурой исследований, терминологией физических законов	1.1. Введение. Основы кинематики поступательного и вращательного движений.	Практическая работа	Практическая работа
		1.2. Динамика поступательного и вращательного движений. Законы Ньютона. Законы сохранения импульса, момента импульса и механической энергии.	Практическая работа	Практическая работа
		1.4. Основы молекулярной физики. Основы кинетической теории. Первое начало термодинамики.	Практическая работа	Практическая работа
		1.5. Энтропия. Второе и третье начала термодинамики.	Практическая работа	Практическая работа

	Свойства реальных газов, жидкостей и твердых тел.		
	1.6. Электростатика. Потенциал электростатического поля. Электрическое поле в веществе. Проводники в электростатическом поле.	Практическая работа	Практическая работа
	1.7. Постоянный электрический ток. Электрические цепи. Работа и мощность тока. Электрический ток в различных средах.	Практическая работа	Практическая работа
	1.8. Магнитное поле. Закон Био-Савара-Лапласа. Свойства магнитного поля. Электромагнитная индукция.	Практическая работа	Практическая работа
	1.10. Свободные и вынужденные колебания, сложение колебаний.	Практическая работа	Практическая работа
	1.12. Геометрическая оптика. Волновые свойства света.	Практическая работа	Практическая работа
	1.14. Тепловое излучение, фотоэффект.	Практическая работа	Практическая работа
	1.15. Теория строения атома. Элементы квантовой механики.	Практическая работа	Практическая работа
	1.17. Радиоактивность. Ядерные реакции. Элементы физики элементарных частиц. Использование атомной энергии.	Практическая работа	Практическая работа

4 Описание процедуры оценивания

Качество сформированности компетенций на данном этапе оценивается по результатам текущих и промежуточных аттестаций при помощи количественной оценки, выраженной в баллах. Максимальная сумма баллов по дисциплине (модулю) равна 100 баллам.

Вид учебной деятельности	Оценочное средство		
	Тестовые задания	Практическая работа	Итого
Лекции	20		20
Практические занятия		40	40
Промежуточная аттестация	30		30
Самостоятельная работа		10	10
Итого	50	50	100

Сумма баллов, набранных студентом по всем видам учебной деятельности в рамках дисциплины, переводится в оценку в соответствии с таблицей.

Сумма баллов по дисциплине	Оценка по промежуточной аттестации	Характеристика качества сформированности компетенции
от 91 до 100	«зачтено» / «отлично»	Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций, обнаруживает всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой, умеет свободно выполнять практические задания, предусмотренные программой, свободно оперирует приобретенными знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
от 76 до 90	«зачтено» / «хорошо»	Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
от 61 до 75	«зачтено» / «удовлетворительно»	Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков по некоторым дисциплинарным компетенциям, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.
от 0 до 60	«не зачтено» / «неудовлетворительно»	Дисциплинарные компетенции не сформированы. Проявляется полное или практически полное отсутствие знаний, умений, навыков.

5 Примерные оценочные средства

5.1 Примеры тестовых заданий

1. Уравнение равноускоренного движения

- 1) $x = x_0 + vt$;
- 2) $\phi = \phi_0 + \omega t + \varepsilon t^2 / 2$;
- 3) $x = x_0 + v_0 t + at^2 / 2$;
- 4) $\omega = \omega_0 + \varepsilon t$.

2. Если увеличить массу груза, подвешенного к спиральной пружине на 600 г, то период колебаний груза возрастет в 2 раза. Масса первоначального подвешенного груза равна

- 1) 200 г;
- 2) 250 г;
- 3) 100 г;
- 4) 400 г.

3. Снаряд массой 50 кг, летящий параллельно рельсам со скоростью 400 м/с, попадает в движущуюся платформу с песком и застревает в нем. Масса платформы с песком 20 т.

Скорость движения платформы после попадания снаряда, если она катилась в сторону движения снаряда со скоростью 2 м/с, равна

- 1) 0 м/с;
- 2) 3 м/с;
- 3) -1 м/с;
- 4) 5 м/с.

4. Два вагона разной массы движутся навстречу друг другу. Скорость совместного движения после сбрасывания автосцепки можно рассчитать с использованием

- 1) третьего закона Ньютона;
- 2) закона сохранения механической энергии;
- 3) закона сохранения импульса;
- 4) закона всемирного тяготения.

5. Определению мгновенной скорости соответствует формула

- 1) $V=da/dt$;
- 2) $V=a$;
- 3) $V=(V_0+V_t)/2$;
- 4) $V=ds/dt$.

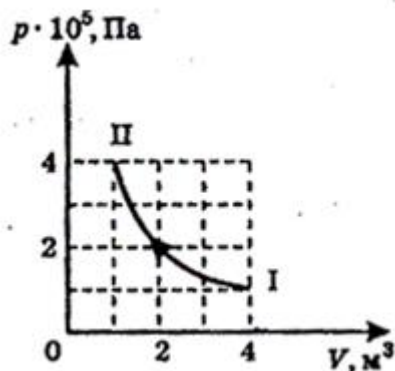
6. Уравнение состояния идеального газа (уравнение Менделеева-Клапейрона)

- 1) $P=nkT$;
- 2) $PV=const$;
- 3) $PV=(m/M)RT$;
- 4) $P/T=const$.

7. Мелкие частицы, взвешенные в жидкости

- 1) совершают круговые движения;
- 2) движутся хаотически под действием молекул жидкости;
- 3) совершают колебательные движения возле положения равновесия;
- 4) всегда покоятся.

8. Газ переходит из состояния I в состояние II так, как показано на рисунке



Внутренняя энергия газа при этом

- 1) уменьшается;
- 2) сначала увеличивается, а затем уменьшается;
- 3) изменение внутренней энергии равно нулю;
- 4) увеличивается.

9. Уравнение первого начала термодинамики для изотермического процесса

- 1) $\Delta Q=\Delta U+\Delta A$;
- 2) $\Delta Q=\Delta A$;
- 3) $\Delta Q=\Delta U$;
- 4) $\Delta Q=0$.

10. Поправка b в уравнении Ван-дер-Ваальса учитывает

- 1) энергию молекул;

- 2) массу молекул;
- 3) дополнительное давление газа;
- 4) силы взаимодействия между молекулами;
- 5) размер молекул.

11. Электрон движется по окружности в однородном магнитном поле с индукцией 0,1 Тл. Угловая скорость вращения электрона (рад/с) равна

- 1) $1,76 \cdot 10^{10}$;
- 2) $0,88 \cdot 10^{10}$;
- 3) $1,76 \cdot 10^{11}$;
- 4) $3,52 \cdot 10^{10}$.

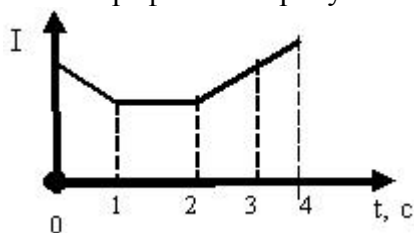
12. По проволочной квадратной рамке со стороной 15 см течет ток 5А. Индукция магнитного поля в центре рамки составляет

- 1) 39,1 мкТл;
- 2) 34,2 мкТл;
- 3) 37,7 мкТл;
- 4) 35,4 мкТл.

13. Обмотка соленоида имеет сопротивление 10 Ом. При прохождении тока за 0,05 секунды в нем выделяется количество теплоты, эквивалентное энергии магнитного поля соленоида. Индуктивность соленоида равна

- 1) 3 Гн;
- 2) 2 Гн;
- 3) 0;
- 4) 1 Гн.

14. Две катушки медного провода намотаны на общий железный сердечник и изолированы друг от друга. Зависимость силы тока от времени в первой катушке представлена графиком на рисунке



ЭДС индукции во второй катушке возникает в интервалы времени

- 1) 0-1 и 2-3;
- 2) 2-4;
- 3) 0-1 и 2-4;
- 4) 1-2;
- 5) 1-4.

15. При перемещении заряда с одной точки электрического поля в другую по полю совершается работа, равная 1 Дж. Разность потенциалов между точками 2000 В. Величина перемещаемого заряда равна

- 1) $2 \cdot 10^3$ Кл;
- 2) $5 \cdot 10^{-4}$ Кл;
- 3) $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл;
- 4) 2 Кл.

16. Фотон с длиной волны 0,5 мкм обладает энергией

- 1) 2,48 эВ;
- 2) 4,96 эВ;
- 3) 4,48 эВ;
- 4) 1,24 эВ.

17. В эксперименте обнаружено, что при очень высокой интенсивности облучения фотоэлектрический эффект происходит и при частотах фотонов ниже красной границы фотоэффекта. Это объясняется тем, что

- 1) произошла ошибка эксперимента;
- 2) возможен туннельный эффект;
- 3) при высоких интенсивностях облучения возможны нарушения закона сохранения энергии;
- 4) атомы могут поглощать одновременно два или более фотонов.

18. Радиолюбители устанавливают связь на очень больших расстояниях. Это объясняется

- 1) дифракцией радиоволн;
- 2) интерференцией радиоволн;
- 3) отражением радиоволн от ионосферы;
- 4) отражением радиоволн от Луны.

19. Световой луч с показателем преломления $4/3$ за время, равное $0,1$ мкс, проходит в воде путь, равный

- 1) $22,5$ м;
- 2) 40 м;
- 3) 400 м;
- 4) 225 м.

20. Красная граница фотоэффекта для некоторого металла $0,275$ мкм. Минимальное значение энергии фотона, вызывающего фотоэффект, равно

- 1) 3 эВ;
- 2) $1,5$ эВ;
- 3) 6 эВ;
- 4) $4,5$ эВ.

Краткие методические указания

Промежуточный тест проводится в электронной форме во время последнего в учебном периоде практического занятия. Тест состоит из 20 тестовых заданий. На выполнение теста отводится 30 минут. Во время проведения теста использование литературы и других информационных ресурсов допускается только по предварительному согласованию с преподавателем.

Шкала оценки

Оценка	Баллы	Описание
5	47–50	Процент правильных ответов от 95% до 100%
4	40–46	Процент правильных ответов от 80 до 94%
3	33–39	Процент правильных ответов от 65 до 79%
2	23–32	Процент правильных ответов от 45 до 64%
1	0–22	Процент правильных ответов менее 45%

5.2 Примеры заданий для выполнения практических работ

1 Введение. Основы кинематики поступательного и вращательного движений.

№ 1. Из орудия вылетает снаряд со скоростью V_0 под углом α к горизонту. Определить: а) скорость (модуль и направление) и положение (координаты) снаряда в любой момент времени; б) время подъема до наивысшей точки и время полета; в) высоту подъема и дальность полета. Сопротивлением воздуха пренебречь.

№ 2. Тело вращается вокруг неподвижной оси по закону

$$\varphi = 10 + 20t - 2t^2.$$

Найти полное ускорение точки (величину и направление), находящейся на расстоянии $0,1$ м от оси вращения, для момента времени $t = 4$ с.

2 Динамика поступательного и вращательного движений. Законы Ньютона. Законы сохранения импульса, момента импульса и механической энергии.

№ 1. Вагонетку массой 3 т поднимают по рельсам в гору, наклон которой 30° . Какую работу совершает сила тяги на пути в 50 м, если известно, что вагонетка двигалась с ускорением $0,2 \text{ м/с}^2$? Коэффициент трения принять равным 0,1.

№ 2. На краю диска, масса которого m и радиус R , стоит человек массой M . Диск совершает вращательное движение с частотой η (об/с). Чему равна кинетическая энергия системы? Чему равна работа внешних сил, в результате действия которых частота вращения увеличивается вдвое?

3 Основы молекулярной физики. Основы кинетической теории. Первое начало термодинамики.

№ 1. В баллоне объемом $V = 10 \text{ л}$ находится гелий под давлением $p_k = 1 \text{ МПа}$ при температуре $T_1 = 300 \text{ К}$. После того как из баллона было взято $m = 10 \text{ г}$ гелия, температура в баллоне понизилась до $T_2 = 290 \text{ К}$. Определить давление p_2 гелия, оставшегося в баллоне.

№ 2. Найти среднюю кинетическую энергию $\langle \epsilon_{\text{вращ}} \rangle$ вращательного движения одной молекулы кислорода при температуре $T = 350 \text{ К}$, а также кинетическую энергию W_{15} вращательного движения всех молекул кислорода массой $m = 4 \text{ г}$.

4 Энтропия. Второе и третье начала термодинамики. Свойства реальных газов, жидкостей и твердых тел.

№ 1. Кислород массой $m = 2 \text{ кг}$ занимает объем $V_1 = 1 \text{ м}^3$ и находится под давлением $p_1 = 0,2 \text{ МПа}$. Газ был нагрет сначала при постоянном давлении до объема $V_2 = 3 \text{ м}^3$, а затем при постоянном объеме до давления $p_3 = 0,5 \text{ МПа}$. Найти изменение ΔU внутренней энергии газа, совершенную им работу A и теплоту Q , переданную газу.

№ 2. Найти изменение ΔS энтропии при нагревании воды массой $m = 100 \text{ г}$ от температуры $t_1 = 0^\circ \text{С}$ до температуры $t_2 = 100^\circ \text{С}$ и последующем превращении воды в пар той же температуры.

5 Электростатика. Потенциал электростатического поля. Электрическое поле в веществе. Проводники в электростатическом поле.

№ 1. Тонкий стержень длиной $l = 20 \text{ см}$ несет равномерно распределенный заряд. На продолжении оси стержня на расстоянии $a = 10 \text{ см}$ от ближайшего конца находится точечный заряд $q_1 = 40 \text{ нКл}$, который взаимодействует со стержнем с силой $F = 6 \text{ мкН}$. Определить линейную плотность τ заряда на стержне.

№ 2. Точечный заряд $q = 25 \text{ нКл}$ находится в поле, созданном прямым бесконечным цилиндром радиусом $R = 1 \text{ см}$, равномерно заряженным с поверхностной плотностью $\sigma = 0,2 \text{ нКл/см}^2$. Определить силу F , действующую на заряд, если его расстояние от оси цилиндра $r = 10 \text{ см}$.

6 Постоянный электрический ток. Электрические цепи. Работа и мощность тока. Электрический ток в различных средах.

№ 1. По железному проводнику, диаметр d сечения которого равен $0,6 \text{ мм}$, течет ток $I = 16 \text{ А}$. Определите среднюю скорость направленного движения электронов, считая, что концентрация n свободных электронов равна концентрации n' атомов проводника.

№ 2. Потенциометр с сопротивлением $R_{11} = 100 \text{ Ом}$ подключен к батарее, ЭДС которой $\epsilon = 150 \text{ В}$ и внутреннее сопротивление $r = 50 \text{ Ом}$. Определить показание вольтметра с сопротивлением $R_V = 500 \text{ Ом}$, соединенным с одной из клемм потенциометра и подвижным контактом, установленным посередине потенциометра. Какова разность потенциалов между теми же точками потенциометра при отключении вольтметра?

7 Магнитное поле. Закон Био-Савара-Лапласа. Свойства магнитного поля. Электромагнитная индукция.

№ 1. На железный стержень длиной 50 см и сечением 2 см^2 намотан в один слой провод так, что на каждый сантиметр длины стержня приходится 20 витков.

Определить энергию магнитного поля в сердечнике соленоида, если сила тока в обмотке 0,5 А.

№ 2. Электрон, влетев в однородное магнитное поле ($B = 0,2$ Тл), стал двигаться по окружности радиусом $R = 5$ см. Определить магнитный момент P_m эквивалентного кругового тока.

8 Свободные и вынужденные колебания, сложение колебаний.

№ 1. Материальная точка массой $m = 0,01$ кг совершает гармонические колебания по закону синуса с периодом $T = 2$ с и начальной фазой φ_0 , равной нулю. Полная энергия колеблющейся точки $W = 0,1$ мДж.

Требуется: найти амплитуду A колебаний; написать закон данных колебаний $x = f(t)$; найти наибольшее значение силы F_{\max} , действующей на точку.

№ 2. Материальная точка участвует одновременно в двух взаимно перпендикулярных гармонических колебаниях, уравнения которых имеют вид

$$x = \cos(7t/\pi) \quad (1)$$

$$y = 2\cos(-t/2) \quad (2)$$

(амплитуда – в сантиметрах, время – в секундах). Определить траекторию точки.

9 Геометрическая оптика. Волновые свойства света.

№ 1. От двух когерентных источников $S1$ и $S2$ ($\lambda = 0,8$ мкм) лучи попадают на экран. На экране наблюдается интерференционная картина. Когда на пути одного из лучей перпендикулярно ему поместили мыльную пленку ($n = 1,33$), интерференционная картина изменилась на противоположную. При какой наименьшей толщине d_{\min} пленки это возможно?

№ 2. На стеклянный клин с малым углом нормально к его грани падает параллельный пучок лучей монохроматического света с длиной волны $\lambda = 0,6$ мкм. Число m возникающих при этом интерференционных полос, проходящихся на 1 см, равно 10. Определить угол клина α . Показатель преломления стекла $n = 1,5$.

10 Тепловое излучение, фотоэффект.

№ 1. Длина волны, на которую приходится максимум энергии в спектре излучения абсолютно черного тела, $\lambda_m = 0,58$ мкм. Определить энергетическую светимость (излучательность) R_ε поверхности тела.

№ 2. Определить максимальную скорость v_{\max} фотоэлектронов, вырываемых с поверхности серебра: 1. ультрафиолетовыми лучами с длиной волны $\lambda_1 = 0,155$ мкм; 2. γ -лучами с длиной волны $\lambda_2 = 1$ пм.

11 Теория строения атома. Элементы квантовой механики.

№ 1. Электрон, начальной скоростью которого можно пренебречь, прошел ускоряющую разность потенциалов U . Найти длину волны де Бройля для двух случаев: 1) $U_1 = 51$ В; $U_2 = 510$ кВ.

№ 2. Кинетическая энергия электрона в атоме водорода составляет величину порядка $W = 10$ эВ. Используя соотношение неопределенностей, оценить минимальные линейные размеры атома.

12 Радиоактивность. Ядерные реакции. Элементы физики элементарных частиц. Использование атомной энергии.

№ 1. При соударении α -частицы с ядром бора $^{10}_5\text{B}$ произошла ядерная реакция, в результате которой образовалось два новых ядра. Одно из них – ядро атома водорода ^1_1H . Определить порядковый номер и массовое число второго ядра, дать символическую запись ядерной реакции и определить ее энергетический эффект.

№ 2. Определить начальную активность радиоактивного препарата магния ^{27}Mg массой $m = 0,2$ мкг, а также его активность A через время $t = 6$ ч. Период полураспада $T_{1/2}$ магния считать известным.

Краткие методические указания

На выполнение одного практического задания отводится не более одного двухчасового занятия (включая затраты времени на проведение промежуточного теста на

последнем в учебном периоде практическом занятии). После выполнения каждого практического задания студент должен представить отчет о решении индивидуальных задач по теме, выполненный самостоятельно в часы самостоятельной работы, а также, по указаниям преподавателя, выполнить дополнительные задания по теме практического задания.

Шкала оценки

Оценка	Баллы	Описание
5	38-50	Студент демонстрирует умения на итоговом уровне: умеет свободно выполнять практические задания, предусмотренные программой, свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
4	26-37	Студент демонстрирует умения на среднем уровне: освоил основные умения, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.
3	13-25	Студент демонстрирует умения и навыки на базовом уровне: в ходе контрольных мероприятий допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие отдельных умений, навыков по дисциплинарной компетенции, испытываются значительные затруднения при оперировании умениями и при их переносе на новые ситуации.
2	7-12	Студент демонстрирует умения и навыки на уровне ниже базового: проявляется недостаточность умений и навыков.
1	0-6	Студентом проявляется полное или практически полное отсутствие умений и навыков.

КЛЮЧИ К ОЦЕНОЧНЫМ МАТЕРИАЛАМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ФИЗИКА»

5.1 Ответы на тестовые задания

1. 3

2. 1

3. 2

4. 3

5. 4

6. 3

7. 2

8. 4

9. 2

10. 4

11. 3

12. 3

13. 4

14. 3

15. 2

16. 1

17. 4

18. 3

19. 4

20. 4

5.2 Ответы на задания для выполнения практических работ

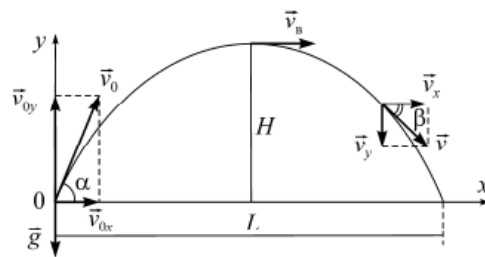
1 Введение. Основы кинематики поступательного и вращательного движений.

№ 1.

Решение.

Делаем чертеж (рисунок). Начало координат удобнее выбрать на месте выстрела, оси x и y направить в стороны полета снаряда. Векторы скорости и перемещения изменяются по следующим законам: $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{g}t$, $\vec{S} = \vec{v}_0t + \frac{\vec{g}t^2}{2}$, где \vec{g} – ускорение свободного падения. Разложим на проекции. Если $x_0 = 0$ и $y_0 = 0$, проекция перемещения равна координате:

$$\left. \begin{aligned} v_x &= v_0 \cos \alpha & (1) \\ v_y &= v_0 \sin \alpha - gt & (2) \end{aligned} \right\}; \quad \left. \begin{aligned} x &= v_0 \cos \alpha t & (3) \\ y &= v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} & (4) \end{aligned} \right\}.$$



По принципу независимости движений движение тела, брошенного под углом к горизонту, мы представили как состоящее из двух более простых: равномерного движения в горизонтальном направлении и равноускоренного (с ускорением \vec{g}) – в вертикальном.

Модуль скорости можно найти из формулы $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$,

а направление (угол с горизонтом β) из соотношения $\operatorname{tg} \beta = \frac{v_y}{v_x}$.

Причем в точке, показанной на рисунке, угол $\beta < 0$, так как проекция скорости $v_y < 0$; это говорит о том, что снаряд уже уменьшает высоту.

В наивысшей точке траектории скорость \vec{v}_3 направлена горизонтально, ее проекция $v_{3y} = 0$; подставив 0 в уравнение (2), получаем время подъема $t_{\text{под}} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$. Положив в уравнении (4) $y = 0$, получаем два корня: первый $t = 0$ соответствует началу полета, второй времени полета $t_{\text{пол}} = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$. Заметьте, $t_{\text{пол}} = 2t_{\text{под}}$, значит, время подъема равно времени спуска.

Максимальную высоту подъема найдем из уравнения (4), подставив $t_{\text{под}}$: $H = \frac{v_{0y}^2}{2g} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$. Эту же формулу можно получить, разложив на проекции уравнение $2\vec{a}\vec{s} = v^2 - v_0^2$.

Подставив $t_{\text{пол}}$ в уравнение (3) и вспомнив, что $2 \sin \alpha \cos \alpha = \sin 2\alpha$, получаем дальность полета снаряда $L = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$.

Из формулы видно, что наибольшая дальность полета при угле $\alpha = 45^\circ$.

Если в полученных выше формулах подставить $\alpha = 0^\circ$, получим формулы для вертикального движения. Выразив время t из уравнения (3) и подставив в выражение (4), увидим что траектория – парабола.

№ 2.

Р е ш е н и е.

Каждая точка вращающегося тела описывает окружность. Полное ускорение точки, движущейся по кривой линии, может быть найдено как геометрическая сумма тангенциального \vec{a}_τ , направленного по касательной к траектории, и нормального \vec{a}_n , направленного к центру кривизны траектории:

$$a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}. \quad (1)$$

Тангенциальное и нормальное ускорения точки вращающегося тела выражаются формулами

$$a_\tau = \varepsilon R, \quad (2)$$

$$a_n = \omega^2 R, \quad (3)$$

где ε – угловое ускорение тела; R – расстояние точки от оси вращения; ω – угловая скорость тела.

Подставляя формулы (2) и (3) в выражение (1), находим

$$a = \sqrt{\varepsilon^2 R^2 + \omega^4 R^2} = R\sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4}. \quad (4)$$

Угловая скорость вращающегося тела равна первой производной от угла поворота по времени:

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} = 20 - 4t.$$

В момент времени $t = 4$ с угловая скорость

$$\omega = (20 - 4 \cdot 4) = 4 \text{ рад/с.}$$

Угловое ускорение вращающегося тела равно первой производной от угловой скорости по времени:

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = -4 \text{ рад/с}^2.$$

Это выражение не содержит аргумента времени t , следовательно, угловое ускорение имеет постоянное значение, не зависящее от времени.

Подставив значения ω и ε в формулу (4), получим

$$\varepsilon = 0,1 \cdot \sqrt{(-4)^2 + 4^4} = 1,65 \text{ м/с}^2.$$

2. Динамика поступательного и вращательного движений. Законы Ньютона. Законы сохранения импульса, момента импульса и механической энергии.

№ 1.

Решение.

Работа постоянной силы тяги F_T определяется по формуле

$$A = F_T S \cos \alpha_0,$$

где α_0 – угол между силой и перемещением. Сила тяги направлена вдоль перемещения, поэтому угол $\alpha_0 = 0$ и $\cos \alpha_0 = 1$.

1. $\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = m\vec{a}$.

2. Делаем чертеж.

3. Записываем уравнение второго закона Ньютона в векторной форме.

На тело действуют четыре силы: $m\vec{g} + \vec{F}_T + \vec{F}_{тр} + \vec{N} = m\vec{a}$.

Поскольку силы направлены под углом друг к другу, систему отсчета составим из двух взаимно перпендикулярных осей x и y , развернув ее для удобства так, что одну ось направим вдоль наклонной плоскости параллельно ускорению, а другую – перпендикулярно ей.

4. Записываем уравнение в проекциях на оси:

$$x: mg \sin \alpha - F_T + F_{тр} + 0 = -ma,$$

$$y: -mg \cos \alpha + 0 + 0 + N = 0,$$

$$F_{тр} = \mu N,$$

где μ – коэффициент трения.

Решаем систему трех уравнений относительно F_T :

$$F_T = mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha + ma = m(g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha + a).$$

5. $A = F_T S = m(g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha + a)S$.

Подставляем числовые данные:

$$A = 3 \cdot 10^3 (9,81 \cdot 0,5 + 0,1 \cdot 9,81 \cdot 0,866 + 0,2) \cdot 50 = 893 \text{ кДж}.$$

№ 2.

Решение.

Запишем формулу кинетической энергии вращающегося тела

$$E_k = \frac{I\omega^2}{2}, \quad (1)$$

где I – момент инерции системы; ω – угловая скорость вращения системы.

Выразим момент инерции системы I и угловую скорость ω . Момент инерции системы складывается из моментов инерции тел системы:

$$I = I_1 + I_2,$$

где I_1 – момент инерции диска, $I_1 = \frac{mR^2}{2}$; I_2 – момент инерции

человека, $I_2 = MR^2$. Угловая скорость $\omega = 2\pi n$. Подставим выражения I_1 и I_2 в формулу (1):

$$W_k = \frac{I_1 + I_2}{2} (2\pi n)^2 = \left(\frac{mR^2}{2} + MR^2 \right) \frac{4\pi^2 n^2}{2} = (m + 2M) \frac{R^2 4\pi^2 n^2}{4},$$

$$W_k = \pi^2 n^2 R^2 (m + 2M). \quad (2)$$

Работу сил определяем по теореме об изменении кинетической энергии:

$$W_{к2} - W_{к1} = \sum A.$$

Используя уравнение (2) и условие $n_2 = 2n_1$, запишем

$$A = \pi^2 4n^2 R^2 (m + 2M) - \pi^2 n^2 R^2 (m + 2M) = 3\pi^2 n^2 R^2 (m + 2M).$$

3 Основы молекулярной физики. Основы кинетической теории. Первое начало термодинамики.

№ 1.

Решение.

Для решения задачи воспользуемся уравнением Менделеева–Клапейрона, применив его к конечному состоянию газа:

$$p_2 V = \frac{m_2 R T_2}{\mu}, \quad (1)$$

где m_2 – масса гелия в баллоне в конечном состоянии; μ – молярная масса гелия; R – универсальная газовая постоянная.

Из уравнения (1) выразим искомое давление p_2 :

$$p_2 = \frac{m_2 R T_2}{\mu V}. \quad (2)$$

Массу гелия m_2 выразим через массу m_1 и массу m гелия, взятого из баллона:

$$m_2 - m_1 = m. \quad (3)$$

Массу гелия m_1 найдем также из уравнения Менделеева–Клапейрона, применив его к начальному состоянию:

$$m_1 = \frac{\mu p_1 V}{R T_1}. \quad (4)$$

Подставляя в выражение (3) массу m_1 из формулы (4), а затем полученное выражение m_2 в формулу (2), найдем

$$p_2 = \left(\frac{\mu p_1 V}{R T_1} - m \right) \frac{R T_2}{\mu V},$$

или после преобразования и сокращения

$$p_2 = \frac{T_2}{T_1} p_1 - \frac{m R T_2}{\mu V}.$$

Выразим величины, входящие в эту формулу, в единицах СИ и произведем вычисления: $p_1 = 1 \text{ МПа} = 10^6 \text{ Па}$; $m = 10 \text{ г} = 10^{-2} \text{ кг}$; $\mu = 4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$; $R = 8,31 \text{ Дж/моль}\cdot\text{К}$; $T_1 = 300 \text{ К}$; $T_2 = 290 \text{ К}$; $V = 10^{-2} \text{ м}^3$.

$$p_2 = \frac{290}{300} \cdot 10^6 - \frac{10^{-2} \cdot 8,31 \cdot 290}{4 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-2}} \approx 0,37 \cdot 10^6 = 0,37 \text{ МПа}.$$

№ 2.

Решение.

Известно, что на каждую степень свободы молекулы газа приходится одинаковая средняя энергия $\langle \epsilon_1 \rangle = \frac{1}{2} kT$, где k – постоянная Больцмана; T – абсолютная температура газа. Поскольку вращательному движению двухатомной молекулы (молекула кислорода – двухатомная) соответствуют две степени свободы, то средняя энергия вращательного движения молекулы кислорода выразится формулой

$$\langle \epsilon_{\text{вращ}} \rangle = 2 \frac{1}{2} kT. \quad (1)$$

Подставив в формулу (1) значения $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$ и $T = 350 \text{ К}$, получим:

$$\langle \epsilon_{\text{вращ}} \rangle = 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 350 \text{ Дж} = 4,83 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}.$$

Кинетическая энергия вращательного движения всех молекул газа определяется равенством

$$W_{\text{к}} = \langle \epsilon_{\text{вращ}} \rangle N. \quad (2)$$

Число всех молекул газа можно вычислить по формуле

$$N = N_A \frac{m}{\mu}, \quad (3)$$

где N_A – число Авогадро; μ – количество вещества.

Подставив это выражение в формулу (2), получим

$$W_k = N_A \frac{m}{\mu} \langle \epsilon_{\text{вращ}} \rangle. \quad (4)$$

Выразим величины, входящие в эту формулу, в единицах СИ:
 $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹; $m = 4$ г = $4 \cdot 10^{-3}$ кг; $\mu = 32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль;
 $\langle \epsilon_{\text{вращ}} \rangle = 4,83 \cdot 10^{-21}$ Дж. Подставив эти значения в формулу (4), найдем

$$W_k = 6,02 \cdot 10^{23} \cdot \frac{4 \cdot 10^{-3}}{32 \cdot 10^{-3}} \cdot 4,83 \cdot 10^{-21} = 364 \text{ Дж.}$$

4 Энтропия. Второе и третье начала термодинамики. Свойства реальных газов, жидкостей и твердых тел.

№ 1.

Решение.

Изменение внутренней энергии газа выражается формулой

$$\Delta U = c_V m \Delta T = \frac{i R}{2 \mu} m \Delta T, \quad (1)$$

где i – число степеней свободы молекул газа (для двухатомных молекул кислорода $i = 5$); μ – молярная масса.

Начальную и конечную температуры газа найдем из уравнения Менделеева–Клапейрона $pV = \frac{m}{\mu} RT$:

$$T = \frac{pV\mu}{mR}. \quad (2)$$

Выпишем заданные величины в системе СИ: $m = 2$ кг, $\mu = 32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль, $R = 8,31$ Дж/(моль·К), $V_1 = 1$ м³, $V_2 = V_3 = 3$ м³, $p_1 = p_2 = 0,2$ МПа = $2 \cdot 10^5$ Па, $p_3 = 0,5$ МПа = $5 \cdot 10^5$ Па. Подставляя эти значения в выражение (2) и выполняя арифметические действия, получим

$$T_1 = \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 1 \cdot 32 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 8,31} = 385 \text{ К,}$$

$$T_2 = \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 3 \cdot 32 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 8,31} = 1155 \text{ К} \approx 1,16 \text{ КК,}$$

$$T_3 = \frac{5 \cdot 10^5 \cdot 3 \cdot 32 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 8,31} = 2887 \text{ К} \approx 2,89 \text{ КК.}$$

Подставляя в выражение (1) числовые значения величин, входящих в него, находим

$$\Delta U = \frac{5}{2} \cdot \frac{8,31}{32 \cdot 10^{-3}} \cdot 2(2887 - 385) = 3,24 \cdot 10^6 \text{ Дж} = 3,24 \text{ МДж.}$$

Работа расширения газа при постоянном давлении выражается формулой

$$A = R \frac{m}{\mu} \Delta T.$$

Подставляя числовые значения величин, получим

$$A = 8,31 \cdot \frac{2}{32 \cdot 10^{-3}} \cdot (1155 - 385) = 0,400 \cdot 10^6 \text{ Дж} = 0,4 \text{ МДж.}$$

Работа газа, нагреваемого при постоянном объеме, равна нулю, т.е. $A_2 = 0$. Следовательно, полная работа, совершенная газом, равна $A = A_1 + A_2 = 0,4 \cdot 10^6$ Дж.

Согласно первому началу термодинамики теплота Q , переданная газу, равна сумме изменения внутренней энергии ΔU и работы A ; $Q = \Delta U + A$, следовательно, $Q = 0,4 \cdot 10^6 + 3,24 \cdot 10^6 = 3,64 \cdot 10^6$ Дж = 3,64 МДж.

№ 2.

Р е ш е н и е.

Найдем отдельно изменение энтропии $\Delta S'$ при нагревании воды и изменение энтропии $\Delta S''$ при превращении ее в пар. Полное изменение энтропии выразится суммой $\Delta S'$ и $\Delta S''$.

Как известно, изменение энтропии выражается общей формулой

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \int \frac{dQ}{T}. \quad (1)$$

При бесконечно малом изменении температуры нагреваемого тела затрачивается количество теплоты $dQ = mc dT$, где m – масса тела; c – его удельная теплоемкость. Подставив выражение dQ в равенство (1), получим формулу для вычисления изменения энтропии при нагревании воды

$$\Delta S' = \int_{T_1}^{T_2} \frac{mc dT}{T}.$$

Вынесем за знак интеграла постоянные величины и произведем интегрирование, тогда получим

$$\Delta S' = mc \ln \frac{T_2}{T_1}.$$

Выразим заданные величины в единицах СИ: $m = 0,1$ кг; $T_1 = 273$ К; $T_2 = 373$ К; $c = 4190$ Дж/кг К; $\lambda = 2,26$ МДж/кг.

После вычислений найдем

$$\Delta S' = 0,1 \cdot 4190 \cdot \ln \frac{373}{273} = 131 \text{ Дж/К}.$$

При вычислении по формуле (1) изменения энтропии во время превращения воды в пар той же температуры постоянная температура T_2 выносится за знак интеграла. Вычислив интеграл, найдем

$$\Delta S = \frac{1}{T_2} \int_1^2 dQ = \frac{Q}{T_2}, \quad (2)$$

где Q – количество теплоты, переданное при превращении нагретой воды в пар той же температуры.

Подставив в равенство (2) выражение количества теплоты $Q = \lambda m$, где λ – удельная теплота парообразования, получим

$$\Delta S'' = \frac{\lambda m}{T_2}. \quad (3)$$

Произведя вычисления по формуле (3), найдем

$$\Delta S'' = \frac{2,26 \cdot 10^6 \cdot 0,1}{373} = 606 \text{ Дж/К}.$$

Полное изменение энтропии при нагревании воды и последующем превращении ее в пар

$$\Delta S = \Delta S' + \Delta S'' = 737 \text{ Дж/К}.$$

5 Электростатика. Потенциал электростатического поля. Электрическое поле в веществе. Проводники в электростатическом поле.

№ 1.

Решение.

При вычислении силы F следует иметь в виду, что заряд на стержне не является точечным, поэтому закон Кулона непосредственно применить нельзя. Применим метод ДИ. Выделим на стержне малый участок dr с зарядом $dq = \tau dr$. Этот заряд можно рассматривать как точечный. Тогда, согласно закону Кулона,

$$d\vec{F} = \frac{q_1 \tau dr}{4\pi\epsilon_0 r^2} \vec{r}, \quad (1)$$

где $d\vec{F}$ – сила взаимодействия заряда q_1 и заряда участка dr . Поскольку все $d\vec{F}$ сонаправлены, можно воспользоваться скалярным выражением для $d\vec{F}$

$$dF = \frac{q_1 \tau dr}{4\pi\epsilon_0 r^2}. \quad (2)$$

Интегрируя это выражение в пределах от a до $a + l$, получим

$$F = \frac{q_1 \tau}{4\pi\epsilon_0} \int_a^{a+l} \frac{dr}{r^2} = \frac{q_1 \tau}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{a+l} \right) = \frac{q_1 \tau l}{4\pi\epsilon_0 a(a+l)},$$

откуда интересующая нас линейная плотность заряда

$$\tau = \frac{4\pi\epsilon_0 a(a+l)F}{q_1 l}.$$

Выразим все величины в единицах СИ: $q_1 = 40 \text{ нКл} = 4 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$; $F = 6 \text{ мкН} = 6 \cdot 10^{-6} \text{ Н}$; $l = 0,2 \text{ м}$; $a = 0,1 \text{ м}$; $4\pi\epsilon_0 = \frac{1}{9 \cdot 10^9} \text{ Ф/м}$; $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$.

Подставим числовые значения величин в полученную формулу и произведем вычисления:

$$\tau = \frac{0,1 \cdot (0,1 + 0,2) \cdot 6 \cdot 10^{-6}}{9 \cdot 10^9 \cdot 4 \cdot 10^{-8} \cdot 0,2} \text{ Кл/м} = 2,5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл/м} = 2,5 \text{ нКл/м}.$$

№ 2.

Решение.

Численное значение силы F , действующей на точечный заряд q , находящийся в поле, определяется по формуле

$$F = qE, \quad (1)$$

где E – напряженность поля, создаваемого заряженным цилиндром.

Как известно, напряженность поля бесконечно длинного равномерно заряженного цилиндра

$$E = \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0 r}, \quad (2)$$

где τ – линейная плотность заряда.

Выразим линейную плотность τ через поверхностную плотность σ . Для этого выделим элемент цилиндра длиной l и выразим находящийся на нем заряд q двумя способами:

$$q = \sigma S = \sigma 2\pi Rl, \quad q = \tau l.$$

Приравняв правые части этих равенств и сократив на l , получим

$$\tau = 2\pi R\sigma.$$

С учетом этого формула (2) примет вид

$$E = \frac{R\sigma}{\epsilon_0 r}.$$

Подставив это выражение в формулу (1), получим искомую силу F :

$$F = \frac{qR\sigma}{\epsilon_0 r}. \quad (3)$$

Выпишем в единицах СИ числовые значения величин: $q = 25 \text{ нКл} = 2,5 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$, $\sigma = 0,2 \text{ нКл/см}^2 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ Кл/м}^2$, $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$. Поскольку R и r входят в формулу в виде отношения, они могут быть выражены в любых, но только одинаковых единицах. Подставим в уравнение (3) числовые значения величин:

$$F = \frac{2,5 \cdot 10^{-8} \cdot 2 \cdot 10^{-6} \cdot 1}{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 10} = 0,565 \cdot 10^{-3} \text{ Н} = 565 \text{ мкН}.$$

Направление силы \vec{F} совпадает с направлением напряженности \vec{E} , а последняя направлена перпендикулярно поверхности цилиндра.

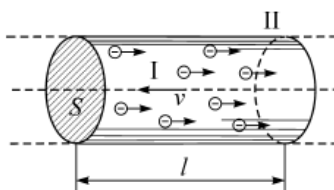
6 Постоянный электрический ток. Электрические цепи. Работа и мощность тока.
Электрический ток в различных средах.

№ 1.

Решение.

Средняя скорость направленного (упорядоченного) движения электронов определяется по формуле

$$\langle v \rangle = \frac{l}{t}, \quad (1)$$



где t – время, в течение которого все свободные электроны, находящиеся в отрезке проводника между сечениями I и II, пройдя через сечение II, перенесут заряд $Q = eN$ и создадут ток

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{eN}{t}, \quad (2)$$

где e – элементарный заряд; N – число электронов в отрезке проводника; l – его длина.

Число свободных электронов в отрезке проводника объемом V можно выразить следующим образом:

$$N = nV = nlS, \quad (3)$$

где S – площадь сечения.

По условию задачи $n = n'$. Следовательно,

$$n = n' = \frac{N}{V} = \frac{mN_A}{\mu V} = \frac{N_A \rho}{\mu}, \quad (4)$$

где N_A – постоянная Авогадро; V – объем металла; μ – молярная масса металла; ρ – его плотность.

Подставив последовательно выражения n из формулы (4) в равенство (3) и N из формулы (3) в равенство (2), получим

$$I = \frac{N_A \rho l S e}{\mu t}.$$

Отсюда найдем

$$l = \frac{I \mu t}{N_A \rho S e}.$$

Подставив выражение l в формулу (1), сократив на t и выразив площадь S сечения проводника через диаметр d , найдем среднюю скорость направленного движения электронов

$$\langle v \rangle = \frac{4I\mu}{\pi d^2 N_A \rho e}.$$

Произведем по этой формуле вычисления:

$$\langle v \rangle = \frac{4 \cdot 16 \cdot 56 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,36 \cdot 10^{-6} \cdot 6 \cdot 10^{23} \cdot 98 \cdot 10^{-9} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 4,2 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}.$$

№ 2.

Р е ш е н и е.

Показание U_1 вольтметра, подключенного к точкам A и B (рисунок), определяется по формуле

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

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

Силу тока I_1 найдем по закону Ома для всей цепи:

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

где R – сопротивление внешней цепи.

Внешнее сопротивление R есть сумма двух сопротивлений:

$$R = \frac{R_{\pi}}{2} + R_1. \quad (3)$$

Сопротивление R_1 параллельного соединения может быть найдено по формуле $\frac{1}{R_1} = \frac{1}{R_V} + \frac{2}{R_{\pi}}$, откуда $R_1 = \frac{R_{\pi} R_V}{R_{\pi} + 2R_V}$.

Подставив числовые значения, найдем

$$R_1 = \frac{100 \cdot 500}{100 + 2 \cdot 500} = 45,5 \text{ Ом.}$$

Из выражений (2) и (3) определим силу тока:

$$I_1 = \frac{\varepsilon}{\frac{R_{\pi}}{2} + R_1 + r} = \frac{150}{50 + 45,5 + 50} \approx 1,03 \text{ А.}$$

Если подставить значения I_1 и R_1 в формулу (1), то можно определить показание вольтметра: $U_1 = 1,03 \cdot 45,5 \text{ В} = 46,9 \text{ В}$.

Разность потенциалов между точками A и B при отключенном вольтметре равна произведению силы тока I_2 на половину

сопротивления потенциометра: $U_2 = I_2 \frac{R_{\pi}}{2} = \frac{\varepsilon}{R_{\pi} + r} \frac{R_{\pi}}{2}$.

Подставляя в эту формулу числовые значения, получим

$$U_2 = \frac{150}{100 + 50} \cdot \frac{100}{2} = 50 \text{ В.}$$

7 Магнитное поле. Закон Био-Савара-Лапласа. Свойства магнитного поля.
Электромагнитная индукция.

№ 1.

Решение.

Энергия магнитного поля соленоида с индуктивностью L , по обмотке которого течет ток I , выражается формулой

$$W = \frac{1}{2}LI^2.$$

Индуктивность соленоида зависит от числа витков на единицу длины n , от объема сердечника V и от магнитной проницаемости μ сердечника, т.е. $L = \mu\mu_0 n^2V$, где μ_0 – магнитная постоянная.

Магнитную проницаемость можно выразить следующей формулой: $\mu = \frac{B}{\mu_0 H}$, где B – индукция магнитного поля; H – напряженность.

Подставив в формулу энергии магнитного поля выражение индуктивности L и магнитной проницаемости, получим

$$W = \frac{1}{2} \frac{B}{H} n^2 V I^2.$$

Объем сердечника выразим через длину l и сечение S :

$$W = \frac{1}{2} \frac{B}{H} n^2 I^2 S l.$$

Напряженность магнитного поля найдем по формуле $H = nI$.

Подставив данные в единицах СИ, получим $H = 2 \cdot 10^3 \cdot 0,5 \text{ А/м} = 10^3 \text{ А/м}$.

Значению напряженности намагничивающего поля в 10^3 А/м в железе соответствует индукция $B = 1,3 \text{ Тл}$ (см. график зависимости между H и B в приложении).

Произведем вычисления:

$$W = \frac{1}{2} \cdot \frac{1,3}{10^3} (2 \cdot 10^3)^2 \cdot 0,5^2 \cdot 2 \cdot 10^{-4} \cdot 0,5 = 0,065 \text{ Дж}.$$

№ 2.

Р е ш е н и е.

Электрон начинает двигаться по окружности, если он влетает в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям магнитной индукции.

Движение электрона по окружности эквивалентно току, который в данном случае определяется выражением $I_{\text{экв}} = \frac{q}{\Delta t} = \frac{e}{T}$, где e – заряд электрона; T – период его обращения.

Период обращения можно найти через скорость электрона и путь, проходимый электроном за период $T = (2\pi R)/v$. Тогда

$$I_{\text{экв}} = \frac{ev}{2\pi R}. \quad (1)$$

По определению магнитный момент контура с током выражается соотношением

$$p_m = I_{\text{экв}} S, \quad (2)$$

где S – площадь, ограниченная окружностью, описываемой электроном,

$$S = \pi R^2. \quad (3)$$

Учитывая выражения (1), (2) и (3), получим

$$p_m = \frac{ev}{2\pi R} \pi R^2, \text{ или } p_m = \frac{1}{2} evR. \quad (4)$$

Известно, что $R = mv/(eB)$ (см. пример 4). Тогда для скорости v электрона находим $v = \frac{eBR}{m}$. Подставив это выражение

в формулу (4) для магнитного момента p_m электрона получим $p_m = \frac{e^2 BR^2}{2m}$.

Произведем вычисления:

$$p_m = \frac{(1,6 \cdot 10^{-19}) \cdot 0,2 \cdot (0,05)^2}{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31}} = 7,03 \cdot 10^{-12} \text{ А} \cdot \text{м}^2.$$

8 Свободные и вынужденные колебания, сложение колебаний.

№ 1.

Решение.

1. Записываем закон гармонических колебаний

$$x = A \sin \omega t.$$

Поскольку закон не дает возможности определить амплитуду A , следует обратиться к условию задачи и воспользоваться полной энергией E . Полная энергия колеблющейся точки E равна, например, ее максимальной кинетической энергии $W_{k, \max}$.

$$W = W_{k, \max} = \frac{mv_{\max}^2}{2}.$$

Скорость v колеблющейся точки определяем, взяв первую производную смещения x по времени:

$$v = \frac{dx}{dt} = A\omega \cos \omega t.$$

Учтем, что $v_{\max} = A\omega$ ($\cos \omega t = 1$), и подставим это выражение в уравнение энергии

$$W_{k, \max} = \frac{mA^2\omega^2}{2}.$$

Найдем амплитуду колебаний

$$A = \frac{1}{\omega} \sqrt{\frac{2W}{m}}.$$

Выразим амплитуду через период T , учитывая что $\omega = \frac{2\pi}{T}$:

$$A = \frac{T}{2\pi} \sqrt{\frac{2W}{m}}.$$

Произведем вычисления:

$$\begin{aligned} \omega &= \pi \text{ рад/с}; \\ A &= \frac{1}{3,14} \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{-4}}{10^{-2}}} = 0,045 \text{ м}. \end{aligned}$$

2. Записываем уравнение гармонических колебаний для данной точки:

$$x = 0,045 \sin \pi t.$$

3. Второй закон Ньютона

$$|F_{\max}| = ma.$$

Найдем ускорение колеблющейся точки, взяв первую производную скорости по времени:

$$a = \frac{dv}{dt} = -A\omega^2 \sin \omega t.$$

Максимальное ускорение (при $\sin \omega t = 1$)

$$|a_{\max}| = A\omega^2.$$

Запишем выражение силы

$$|F_{\max}| = mA\omega^2.$$

Произведем вычисления:

$$F_{\max} = 0,01 \cdot 0,045 \cdot 3,14^2 \text{ Н} = 4,44 \cdot 10^{-3} \text{ Н}.$$

№ 2.

Р е ш е н и е.

Для определения траектории необходимо получить зависимость координат $y = f(x)$. Для этого из уравнений (1) и (2) следует исключить время. Применяв формулу косинуса половинного угла

$$\cos \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1 + \cos \alpha}{2}},$$

можно записать

$$y = 2 \cos \frac{\pi t}{2} = \pm \sqrt{\frac{1 + \cos \pi t}{2}}.$$

Поскольку $\cos \pi t = x(1)$,

$$y = \pm 2 \sqrt{\frac{1+x}{2}}, \quad y = \pm \sqrt{2x+2},$$

или

$$y^2 = 2 + 2x.$$

9 Геометрическая оптика. Волновые свойства света.

№ 1.

Р е ш е н и е.

Изменение интерференционной картины на противоположную означает, что на тех участках, где наблюдались интерференционные максимумы, стали наблюдаться интерференционные минимумы. Такой сдвиг интерференционной картины возможен при изменении оптической разности хода лучей на нечетное число половин длин волн, т.е.

$$\Delta_2 - \Delta_1 = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}, \quad (1)$$

где Δ_1 – оптическая разность хода лучей до внесения пленки; Δ_2 – оптическая разность хода тех же лучей после внесения пленки; $k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$.

Наименьшей толщине d_{\min} пленки соответствует $k = 0$. При этом формула (1) примет вид

$$\Delta_2 - \Delta_1 = \frac{\lambda}{2}. \quad (2)$$

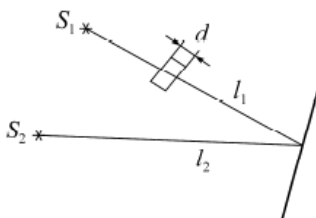
Выразим оптические разности хода Δ_2 и Δ_1 . Из рисунка следует: $\Delta_1 = l_1 - l_2$, $\Delta_2 = [(l_1 - d_{\min}) + nd_{\min}] - l_2 = (l_1 - l_2) + d_{\min}(n - 1)$. Подставим выражения Δ_2 и Δ_1 в формулу (2):

$$(l_1 - l_2) + d_{\min}(n - 1) - (l_1 - l_2) = \frac{\lambda}{2}, \text{ или } d_{\min}(n - 1) = \frac{\lambda}{2}.$$

Отсюда $d_{\min} = \frac{\lambda}{2(n - 1)}$. Подставив числовые значения,

найдем

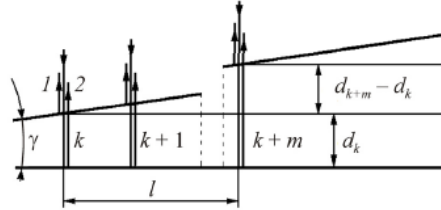
$$d_{\min} = \frac{0,8}{2(1,33 - 1)} = 1,21 \text{ мкм.}$$



№ 2.

Решение.

Лучи, падая нормально к грани клина, отражаются как от верхней, так и от нижней грани. Эти лучи когерентны, поэтому на поверхности клина будут наблюдаться интерференционные полосы. Поскольку угол клина мал, то отраженные лучи 1 и 2 (рисунок) будут практически параллельны.



Темные полосы видны на тех участках клина, для которых разность хода лучей кратна нечетному числу половин длин волн:

$$\Delta = (2k + 1) \frac{\lambda}{2} \quad (k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots). \quad (1)$$

Разность хода Δ двух лучей складывается из разности оптических длин путей ($2dn\cos\beta$) этих лучей и половины длины волны $\lambda/2$. Величина $\lambda/2$ представляет собой добавочную разность хода, возникшую при отражении луча 1 от оптически более плотной среды. Подставляя в формулу (1) значение разности хода Δ лучей, получим

$$2dn\cos\beta + \lambda/2 = (2k + 1)\lambda/2, \quad (2)$$

где d_k – толщина клина в том месте, где наблюдается темная полоса, соответствующая номеру k ; β – угол преломления второго луча.

Согласно условию угол падения равен нулю, следовательно, и угол преломления β равен нулю, а $\cos\beta = 1$. Раскрыв скобки в правой части равенства (2), после упрощения получим

$$2d_k n = k\lambda. \quad (3)$$

Пусть произвольной темной полосе k -го номера соответствует толщина d_k клина, а темной полосе $(k + m)$ -го номера – толщина d_{k+m} клина. Тогда из рисунка, учитывая, что m полос укладывается на расстоянии l , найдем

$$\operatorname{tg}\gamma = \sin\gamma = \frac{d_{k+m} - d_k}{l}. \quad (4)$$

Выразим из формулы (3) d_k и d_{k+m} и подставим их в формулу (4). Затем, учитывая, что из-за малости угла γ $\sin\gamma \approx \gamma$, получим

$$\gamma = \frac{\frac{k+m}{2n}\lambda - \frac{k}{2n}\lambda}{l} = \frac{m\lambda}{2nl}.$$

Подставляя числовые значения физических величин, найдем

$$\gamma = \frac{10 \cdot 0,6 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 1,5 \cdot 10^{-2}} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ рад.}$$

10 Тепловое излучение, фотоэффект.

№ 1.

Р е ш е н и е.

Энергетическая светимость R_3 абсолютно черного тела в соответствии с законом Стефана–Больцмана пропорциональна четвертой степени абсолютной температуры и выражается формулой

$$R_3 = \sigma T^4, \quad (1)$$

где σ – постоянная Стефана–Больцмана; T – термодинамическая температура.

Температуру T можно вычислить с помощью закона смещения Вина:

$$\lambda_m = b/T, \quad (2)$$

где b – постоянная закона смещения Вина.

Используя формулы (2) и (1), получим

$$R_3 = \sigma \left(\frac{b}{\lambda} \right)^4. \quad (3)$$

Выпишем числовые значения величин, входящих в эту формулу:

$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м²·К⁴), $b = 2,90 \cdot 10^{-3}$ м·К, $\lambda_m = 5,8 \cdot 10^{-7}$ м, и, подставив числовые значения в формулу (3), произведем вычисления:

$$R_3 = 5,67 \cdot 10^{-8} \left(\frac{2,90 \cdot 10^{-3}}{5,8 \cdot 10^{-7}} \right)^4 = 3,54 \cdot 10^7 = 35,4 \text{ МВт/м}^2.$$

№ 2.

Р е ш е н и е.

Максимальную скорость фотоэлектронов можно определить из уравнения Эйнштейна для фотоэффекта:

$$\varepsilon = A + W_{\max}, \quad (1)$$

где ε – энергия фотона, падающего на поверхность металла; A – работа выхода электрона из металла; W_{\max} – максимальная кинетическая энергия фотоэлектрона.

Энергия фотона вычисляется также по формуле

$$\varepsilon = hc/\lambda, \quad (2)$$

где h – постоянная Планка; c – скорость света в вакууме; λ – длина волны.

Кинетическая энергия электрона может быть выражена или по классической формуле

$$W = \frac{m_e v^2}{2}, \quad (3)$$

или по релятивистской

$$W = E_0 \left(\frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} - 1 \right) \quad (4)$$

в зависимости от того, какая скорость сообщается фотоэлектрону.

Скорость фотоэлектрона зависит от энергии фотона, вызывающего фотоэффект: если энергия ε фотона много меньше энергии покоя E_0 электрона, то может быть применена формула (3), если же ε сравнима по величине с E_0 , то вычисление по формуле (3) приводит к ошибке, поэтому нужно пользоваться формулой (4).

1. Вычислим энергию фотона ультрафиолетовых лучей по формуле (2):

$$\varepsilon_1 = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{1,55 \cdot 10^{-7}} = 1,28 \cdot 10^{-18} \text{ Дж,}$$

$$\text{или } \varepsilon_1 = \frac{1,28 \cdot 10^{-18}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 8 \text{ эВ.}$$

Полученная энергия фотона (8 эВ) много меньше энергии покоя электрона (0,51 МэВ). Следовательно, для данного случая кинетическая энергия фотоэлектрона в формуле (1) может быть выражена по классической формуле (3): $\varepsilon_1 = A + \frac{m_e v_{\max}^2}{2}$, откуда

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{2(\varepsilon_1 - A)}{m_e}}. \quad (5)$$

Выпишем числовые значения величин: $\varepsilon_1 = 1,28 \cdot 10^{-18}$ Дж (вычислено выше), $A = 4,7 \text{ эВ} = 4,7 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж, $m_0 = 9,11 \cdot 10^{-31}$ кг.

Подставив числовые значения в формулу (5), найдем

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{2(1,28 \cdot 10^{-18} - 0,75 \cdot 10^{-18})}{9,11 \cdot 10^{-31}}} = 1,08 \cdot 10^6 \text{ м/с.}$$

2. Вычислим энергию фотона γ -лучей:

$$\varepsilon_2 = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{10^{-12}} = 1,99 \cdot 10^{-13} \text{ Дж, или } \varepsilon_2 = 1,24 \text{ МэВ.}$$

Работа выхода электрона ($A = 4,7$ эВ) пренебрежимо мала по сравнению с энергией фотона ($\varepsilon_2 = 1,24$ МэВ), поэтому можно принять, что максимальная кинетическая энергия электрона равна энергии фотона: $W_{\max} = \varepsilon_2 = 1,24$ МэВ. Поскольку в данном случае кинетическая энергия электрона больше его энергии покоя, для вычисления скорости электрона следует взять релятивистскую формулу кинетической энергии (4). Из этой форму-

лы найдем $\beta = \frac{\sqrt{(2E_0 + W)W}}{E_0 + W}$. Заметив, что $v = c\beta$ и $W_{\max} = \varepsilon_2$,

$$\text{получим } v_{\max} = c \frac{\sqrt{(2E_0 + \varepsilon_2)\varepsilon_2}}{E_0 + \varepsilon_2}.$$

Подставим числовые значения величин и произведем вы-

$$\text{числения: } v_{\max} = 3 \cdot 10^8 \frac{\sqrt{(2 \cdot 0,51 + 1,24)1,24}}{0,51 + 1,24} = 2,85 \cdot 10^8 \text{ м/с.}$$

№ 1.

Р е ш е н и е.

Длина волны де Бройля для частицы зависит от ее импульса p и определяется формулой

$$\lambda = h/p, \quad (1)$$

где h – постоянная Планка.

Импульс частицы можно определить, если известна ее кинетическая энергия W . Связь импульса с кинетической энергией различна для нерелятивистского случая (когда кинетическая энергия частицы много меньше ее энергии покоя) и для релятивистского случая (когда кинетическая энергия сравнима с энергией покоя частицы).

В нерелятивистском случае

$$p = \sqrt{2m_0W}, \quad (2)$$

где m_0 – масса покоя частицы.

В релятивистском случае

$$p = \frac{1}{c} \sqrt{(2E_0 + W)W}, \quad (3)$$

где E_0 – энергия покоя частицы, $E_0 = m_0c^2$.

Формула (1) с учетом соотношений (2) и (3) запишется:

– в нерелятивистском случае

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2m_0W}}; \quad (4)$$

– в релятивистском случае

$$\lambda = \frac{h}{\frac{1}{c} \sqrt{(2E_0 + W)W}}. \quad (5)$$

Сравним кинетические энергии электрона, прошедшего заданные в условии задачи разности потенциалов $U_1 = 51$ В и $U_2 = 510$ кВ, с энергией покоя электрона и в зависимости от этого решим, какую из формул – (4) или (5) – следует применить для вычисления длины волны де Бройля.

Как известно, кинетическая энергия электрона W , прошедшего ускоряющую разность потенциалов U , находится следующим образом: $W = eU$.

В первом случае $W_1 = eU_1 = 51$ эВ = $0,51 \cdot 10^{-4}$ МэВ, что много меньше энергии покоя электрона $E_0 = m_0 c^2 = 0,51$ МэВ. Следовательно, в этом случае можно применить формулу (4). Для упрощения расчетов заметим, что $W_1 = 10^{-4} m_0 c^2$. Подставив это выражение в формулу (4), перепишем ее в виде

$$\lambda_1 = \frac{h}{\sqrt{2m_e 10^{-4} m_e c^2}} = \frac{10^2}{\sqrt{2}} \frac{h}{m_e c}.$$

Учитывая, что $\frac{h}{m_e c}$ есть комптоновская длина волны Λ ,

$$\begin{aligned} \text{получим } \lambda_1 &= \frac{10^2}{\sqrt{2}} \Lambda. \text{ Поскольку } \Lambda = 2,43 \text{ пм, то } \lambda_1 = \\ &= \frac{10^2}{\sqrt{2}} \cdot 2,43 = 171 \text{ пм.} \end{aligned}$$

Во втором случае кинетическая энергия $W_2 = eU_2 = 510$ кэВ = $0,51$ МэВ, т.е. равна энергии покоя электрона. В этом случае необходимо применить релятивистскую формулу (5). Учитывая, что $W_2 = 0,51$ МэВ = $m_e c^2$, по формуле (5) найдем

$$\lambda_2 = \frac{h}{\frac{1}{c} \sqrt{(2m_e c^2 + m_e c^2)m_e c^2}} = \frac{h}{\sqrt{3} m_e c}, \text{ или}$$

$$\lambda_2 = \frac{2,43}{\sqrt{3}} = 1,4 \text{ пм.}$$

№ 2.

Р е ш е н и е.

Соотношение неопределенностей для координаты и импульса имеет вид $\Delta x \Delta p \geq \hbar$, где Δx – неопределенность координаты частицы (в данном случае электрона); Δp – неопределенность импульса частицы (электрона); \hbar – постоянная Планка, деленная на 2π .

Из соотношения неопределенностей следует, что чем точнее определяется положение частицы в пространстве, тем более неопределенным становится импульс, а следовательно, и энергия частицы. Пусть атом имеет линейные размеры l , тогда электрон атома будет находиться где-то в пределах области с неопределенностью

$$\Delta x = l/2. \quad (1)$$

Соотношение неопределенностей (1) можно записать в этом случае в виде $\frac{l}{2} \Delta p \geq \hbar$, откуда

$$l \geq 2\hbar/\Delta p. \quad (2)$$

Физически разумная неопределенность импульса Δp во всяком случае не должна превышать значения самого импульса p , т.е. $\Delta p \approx p$.

Импульс p связан с кинетической энергией W соотношением $p = \sqrt{2mW}$. Заменяем Δp на $\sqrt{2mW}$ (такая замена не увеличивает l). Переходя от неравенства к равенству, получим

$$l_{\min} = \frac{2\hbar}{\sqrt{2mW}}.$$

Подставим числовые значения и произведем вычисления:

$$l_{\min} = \frac{2 \cdot 1,05 \cdot 10^{-34}}{\sqrt{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 10 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}} = 1,24 \cdot 10^{-10} \text{ м.}$$

12 Радиоактивность. Ядерные реакции. Элементы физики элементарных частиц. Использование атомной энергии.

№ 1.

Р е ш е н и е.

Обозначим неизвестное ядро символом ${}^A_Z\text{X}$. Поскольку α -частица представляет собой ядро гелия ${}^4_2\text{He}$, запись реакции имеет вид ${}^4_2\text{He} + {}^{10}_5\text{B} \rightarrow {}^1_1\text{H} + {}^A_Z\text{X}$.

Применив закон сохранения числа нуклонов, получим уравнение $4 + 10 = 1 + A$, откуда $A = 13$. Применив закон сохранения заряда, получим уравнение $2 + 5 = 1 + Z$, откуда $Z = 6$.

Следовательно, неизвестное ядро является ядром изотопа атома углерода ${}^{13}_6\text{C}$.

Энергетический эффект Q ядерной реакции определяется по формуле $Q = 931[(m_{\text{He}} + m_{\text{B}}) - (m_{\text{H}} + m_{\text{C}})]$. Здесь в первых круглых скобках указаны массы исходных ядер, во вторых скобках – массы ядер – продуктов реакции. При числовых подсчетах по этой формуле массы ядер заменяют массами нейтральных атомов. Возможность такой замены вытекает из следующих соображений.

Число электронов в электронной оболочке нейтрального атома равно его зарядовому числу Z . Сумма зарядовых чисел исходных ядер равна сумме зарядовых чисел ядер – продуктов реакции. Следовательно, электронные оболочки ядер гелия и бора содержат вместе столько же электронов, сколько их содержат электронные оболочки ядер углерода и водорода.

Очевидно, что при вычитании суммы масс нейтральных атомов углерода и водорода из суммы масс атомов гелия и бора массы электронов выпадут и мы получим тот же результат, как если бы брали массы ядер. Подставив массы атомов, взятые из справочной таблицы, в расчетную формулу, получим

$$\begin{aligned} Q &= 931[(4,00260 + 10,01294) - (1,00783 + 13,00335)] \text{ МэВ} = \\ &= 4,06 \text{ МэВ}. \end{aligned}$$

№ 2.

Р е ш е н и е.

Активность a изотопа характеризует скорость радиоактивного распада и равняется числу ядер, распадающихся в единицу времени:

$$a = -\frac{dN}{dt}, \text{ где } dN - \text{ число ядер, распавшихся за время } dt.$$

Согласно основному закону радиоактивного распада $-\frac{dN}{dt} = \lambda N$, где λ – постоянная радиоактивного распада. Поскольку $N = N_0 e^{-\lambda t}$, где N_0 – число нераспавшихся ядер в момент времени, принятый за начальный, то $a = \lambda N_0 e^{-\lambda t}$. Очевидно, что начальная активность при $t = 0$

$$a_0 = \lambda N_0 \quad (1)$$

Исходя из этого закон изменения активности со временем выражается формулой

$$a = a_0 e^{-\lambda t}. \quad (2)$$

Начальную активность определим по формуле (1). Входящая в эту формулу постоянная радиоактивного распада λ может быть выражена через период полураспада соотношением $\lambda = \ln 2 / T_{1/2} = 0,693 / T_{1/2}$.

Для ^{27}Mg период полураспада $T_{1/2} = 10 \text{ мин} = 600 \text{ с}$. Следовательно, $\lambda = 0,693 / 600 \text{ с}^{-1} = 1,15 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$.

Число радиоактивных атомов N_0 , содержащихся в изотопе, равно произведению числа Авогадро N_A на количество вещества ν данного изотопа: $N_0 = \nu N_A = \frac{m}{\mu} N_A$, где m – масса изотопа;

μ – молярная масса. Выразив в этой формуле значения величин в системе СИ, получим

$$N_0 = \frac{0,2 \cdot 10^{-9} \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{27 \cdot 10^{-3}} = 4,46 \cdot 10^{15} \text{ ядер.}$$

Вычислим по формуле (1) начальную активность изотопа: $a_0 = \lambda N_0 = 1,15 \cdot 10^{-3} \cdot 4,46 \cdot 10^{15} = 5,13 \cdot 10^{12} \text{ Бк}$, или $a_0 = 5,13 \text{ ТБк}$.

Активность через 6 ч ($6 \text{ ч} = 2,16 \cdot 10^4 \text{ с}$) получим по формуле (2):

$$a = a_0 e^{-\lambda t} = 5,13 \cdot 10^{12} \cdot e^{-1,15 \cdot 10^{-3} \cdot 2,16 \cdot 10^4} = 81,3 \text{ Бк.}$$