

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ имени В.Ф. УТКИНА»**

Кафедра «Общая и экспериментальная физика»

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

***«ФИЗИКА»***

Специальность

10.05.03 ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ  
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

Квалификация (степень) выпускника – специалист по защите информации

Формы обучения – очная

Рязань 2022

## 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Оценочные материалы – это совокупность учебно-методических материалов (практических заданий, описаний форм и процедур проверки), предназначенных для оценки качества освоения обучающимися данной дисциплины как части основной образовательной программы.

Цель – оценить соответствие знаний, умений и уровня приобретенных компетенций обучающихся целям и требованиям основной образовательной программы в ходе проведения промежуточной аттестации.

Основная задача – обеспечить оценку уровня сформированности компетенций, закрепленных за дисциплиной.

Контроль знаний проводится в форме промежуточной аттестации. Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена в первом и втором семестрах и зачета в третьем семестре.

Форма проведения экзамена – устный ответ по теоретическим вопросам, сформулированным с учетом содержания учебной дисциплины и решение практических задач. Форма проведения зачета – письменный опрос по теоретическим вопросам и решение практических задач.

## 2 ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

Сформированность каждой компетенции (или ее части) в рамках освоения данной дисциплины оценивается в процессе проведения экзамена в форме балльной отметки:

**«Отлично»** заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «отлично» выставляется студентам, усвоившим взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявившим творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала;

**«Хорошо»** заслуживает студент, обнаруживший полное знание учебно-программного материала, успешно выполняющий предусмотренные в программе задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Как правило, оценка «хорошо» выставляется студентам, показавшим систематический характер знаний по дисциплине и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности;

**«Удовлетворительно»** заслуживает студент, обнаруживший знания основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «удовлетворительно» выставляется студентам, допустившим погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя;

**«Неудовлетворительно»** выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Сформированность каждой компетенции (или ее части) в рамках освоения данной дисциплины оценивается в процессе проведения зачета в форме оценки «Зачтено» или «Незачтено».

**Оценка «зачтено»** выставляется студенту, который прочно усвоил предусмотренный программный материал; правильно, аргументировано ответил на все вопросы, с приведением примеров; показал глубокие систематизированные знания, владеет приемами рассуждения и сопоставляет материал из разных источников: теорию связывает с практикой, другими темами данного курса, других изучаемых предметов; без ошибок выполнил практическое задание.

**Оценка «не зачтено»** выставляется студенту, который не справился с 50% вопросов и заданий, в ответах на другие вопросы допустил существенные ошибки. Не может ответить на дополнительные вопросы, предложенные преподавателем. Целостного представления о взаимосвязях, компонентах, этапах развития культуры у студента нет. Оценивается качество устной и письменной речи, как и при выставлении положительной оценки.

Оценка **«неудовлетворительно»** или **«не зачтено»** выставляется также в случае, если студент не выполнил и/или не защитил лабораторные работы, предусмотренные графиком в данном семестре, и не владеет приобретаемыми в процессе практических занятий навыками решения физических задач по темам текущего семестра.

### 3 ПАСПОРТ ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или её части)	Вид, метод, форма оценочного мероприятия
1	2	3	4
1	Физические основы классической механики		
1.1	Введение	ОПК-3 ОПК-4	Экзамен
1.2	Кинематика поступательного и вращательного движения	ОПК-3 ОПК-4	Экзамен
1.3	Динамика поступательного и вращательного движения	ОПК-3 ОПК-4	Экзамен
1.4	Законы сохранения	ОПК-3 ОПК-4	Экзамен
1.5	Основы специальной теории относительности	ОПК-3 ОПК-4	Экзамен
1.6	Механические колебания	ОПК-3 ОПК-4	Экзамен
2	Основы молекулярной физики и термодинамики		
2.1	Основы молекулярной физики	ОПК-3 ОПК-4	Экзамен
2.2	Основы термодинамики	ОПК-3 ОПК-4	Экзамен
3	Электричество		
3.1	Электростатика	ОПК-3 ОПК-4	Экзамен
3.2	Проводники и диэлектрики в электрическом поле	ОПК-3 ОПК-4	Экзамен
3.3	Постоянный электрический ток	ОПК-3 ОПК-4	Экзамен
4	Электромагнетизм		
4.1	Магнитное поле в вакууме	ОПК-3 ОПК-4	Экзамен

4.2	Магнитное поле в веществе	ОПК-3 ОПК-4	Экзамен
4.3	Электромагнитная индукция	ОПК-3 ОПК-4	Экзамен
4.4	Электромагнитные колебания	ОПК-3 ОПК-4	Экзамен
5	Волны и оптика		
5.1	Волны	ОПК-3 ОПК-4	Зачет
5.2	Оптика	ОПК-3 ОПК-4	Зачет
6	Квантовая физика		
6.1	Квантовая оптика	ОПК-3 ОПК-4	Зачет
6.2	Квантовая механика	ОПК-3 ОПК-4	Зачет
7	Атомная и ядерная физика		
7.1	Физика атома	ОПК-3 ОПК-4	Зачет
7.2	Элементы физики твердого тела	ОПК-3 ОПК-4	Зачет
7.3	Ядерная физика	ОПК-3 ОПК-4	Зачет

#### 4 ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ И ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

##### 4.1. Промежуточная аттестация в форме экзамена (1 семестр)

Код компетенции	Результаты освоения основной образовательной программы Содержание компетенций
ОПК-3	Способен использовать математические методы, необходимые для решения задач профессиональной деятельности

##### Типовые теоретические вопросы к экзамену по дисциплине

1. Материальная точка. Система отсчета. Путь. Перемещение. Скорость и ускорение материальной точки, их проекции на координатные оси.
2. Вращение материальной точки вокруг неподвижной оси. Угловая скорость и угловое ускорение. Связь между угловыми и линейными кинематическими характеристиками.
3. Границы применимости ньютоновской механики. Первый закон Ньютона. Сила, масса и импульс. Второй закон Ньютона как уравнение движения. Третий закон Ньютона.
4. Закон всемирного тяготения. Сила тяжести и вес тела. Упругие силы. Силы трения.
5. Консервативные и диссипативные силы. Потенциальная энергия. Виды потенциальной энергии. Полная механическая энергия.
6. Внутренние и внешние силы. Замкнутая система. Закон сохранения полной механической энергии. Связь законов сохранения со свойствами пространства и времени.
7. Закон сохранения импульса.
8. Момент силы, момент импульса. Закон сохранения момента импульса.
9. Основной закон динамики вращательного движения.

10. Момент инерции, его свойства. Теорема Штейнера.
11. Принцип относительности Галилея. Преобразование Галилея. Классическая теорема сложения скоростей. Инвариантность законов Ньютона в инерциальных системах отсчета.
12. Постулаты Эйнштейна. Преобразования Лоренца. Относительность понятия одновременности. Относительность длин и промежутков времени. Интервал между событиями.
13. Релятивистский закон преобразования скорости. Релятивистский импульс. Релятивистское уравнение динамики. Релятивистские выражения для кинетической и полной энергии. Взаимосвязь массы и энергии.
14. Понятие о неинерциальных системах отсчета. Силы инерции. Принцип эквивалентности Эйнштейна.
15. Дифференциальное уравнение свободных гармонических колебаний и его решение.
16. Уравнение затухающих колебаний и его решение. Параметры затухающих колебаний.
17. Уравнение вынужденных колебаний и его решение. Явление резонанса.
18. Статистический и термодинамический методы исследования. Термодинамические параметры. Равновесные состояния и процессы, их изображение на термодинамических диаграммах состояния.
19. Идеальный газ. Давление идеального газа. Вывод основного уравнения молекулярно-кинетической теории (МКТ) идеального газа.
20. Средняя кинетическая энергия молекул идеального газа. Молекулярно-кинетическое толкование абсолютной температуры. Число степеней свободы молекулы. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы молекул.
21. Основное уравнение состояния идеального газа (уравнение Клапейрона-Менделеева). Изопроцессы.
22. Закон Максвелла для распределения молекул идеального газа по скоростям и энергиям. Характерные скорости движения молекул идеального газа.
23. Принцип детального равновесия. Барометрическая формула. Закон Больцмана для распределения частиц во внешнем потенциальном поле.
24. Работа при изменении объема, количество теплоты, внутренняя энергия идеального газа. Первое начало термодинамики, его применение к изопроцессам. Второе начало термодинамики.

Код компетенции	Результаты освоения основной образовательной программы Содержание компетенций
ОПК-4	Способен анализировать физическую сущность явлений и процессов, лежащих в основе функционирования микроэлектронной техники, применять основные физические законы и модели для решения задач профессиональной деятельности

#### **Типовые теоретические вопросы к экзамену по дисциплине**

1. Вычисление пройденного пути при неравномерном движении материальной точки.
2. Центр масс. Уравнение движения центра масс. Система центра масс. Реактивное движение.
3. Криволинейное движение материальной точки. Тангенциальное и нормальное ускорение.
4. Вывод моментов инерции стержня, цилиндра, шара.
5. Работа силы и мощность. Кинетическая энергия поступательного движения.

6. Кинетическая энергия тела, вращающегося вокруг неподвижной оси. Кинетическая энергия при плоском движении.
7. Свободные оси. Гироскоп. Прецессия гироскопа.
8. Пружинный, физический и математический маятники. Энергия гармонического осциллятора.
9. Сложение одинаково направленных и взаимно перпендикулярных колебаний.
10. Экспериментальное подтверждение распределения Максвелла: опыты Штерна и Ламмерта.
11. Среднее число столкновений, средняя длина свободного пробега и эффективный диаметр молекул.
12. Адиабатный процесс, уравнение Пуассона.
13. Теплоемкость идеального газа при изопроцессах. Уравнение Майера. Классическая молекулярно-кинетическая теория теплоемкости идеального газа и ее ограниченность.
14. Круговой процесс (цикл). Тепловые двигатели и холодильные машины. КПД идеальной тепловой машины. Цикл Карно.
15. Энтропия идеального газа при обратимых и необратимых процессах. Теорема Нернста. Статистическое толкование энтропии. Термодинамика необратимых процессов.

#### Типовые задачи по дисциплине

1. Движение материальной точки задано уравнением  $x=At+Bt^2$ , где  $A = 4$  м/с,  $B = -0,05$  м/с<sup>2</sup>. Определить координату в момент времени, в который скорость  $v$  точки равна нулю. **Ответ: 80 м.**
2. Движение материальной точки задано уравнением  $x=At+Bt^2$ , где  $A = 4$  м/с,  $B = -0,05$  м/с<sup>2</sup>. Определить ускорение в момент времени, в который скорость  $v$  точки равна нулю. **Ответ: -0,10 м/с<sup>2</sup>.**
3. Линейная скорость  $v_1$  точек на окружности вращающегося диска равна 3 м/с. Точки, расположенные на  $\Delta R=10$  см ближе к оси, имеют линейную скорость  $v_2=2$  м/с. Определить угловую скорость вращения диска. **Ответ: 10 рад/с.**
4. Диск вращается согласно уравнению  $\varphi = A+Bt+Ct^3$ , где  $A = 1$  рад,  $B = -2$  рад/с,  $C = 0,5$  рад/с<sup>3</sup>. Найти угловое ускорение в момент времени  $t = 2$  с. **Ответ: 6 рад/с.**
5. Диск вращается согласно уравнению  $\varphi = A+Bt+Ct^3$ , где  $A = 1$  рад,  $B = 12$  рад/с,  $C = -1$  рад/с<sup>3</sup>. В какой момент времени угловая скорость диска будет равна нулю? **Ответ: 2 с.**
6. Найти момент инерции полого цилиндра массой 2 кг и радиусом 5 см относительно его оси симметрии. **Ответ: 0,005 кг·м<sup>2</sup>.**
7. Найти момент инерции шара массой 5 кг и радиусом 10 см относительно оси, проходящей через его центр масс. **Ответ: 0,02 кг·м<sup>2</sup>.**
8. Найти момент инерции диска массой 0,5 кг и радиусом 20 см относительно оси перпендикулярной к плоскости диска и проходящей через его центр. **Ответ: 0,01 кг·м<sup>2</sup>.**
9. Найти момент инерции стержня массой 5 кг и длиной 1,2 м относительно оси перпендикулярной к стержню и проходящей через его середину. **Ответ: 0,6 кг·м<sup>2</sup>.**
10. Найти момент инерции сплошного цилиндра массой 2 кг и радиусом 5 см относительно его оси симметрии. **Ответ: 0,025 кг·м<sup>2</sup>.**
11. Найти момент инерции стержня массой 1,5 кг и длиной 1 м относительно оси перпендикулярной к стержню и проходящей через его конец. **Ответ: 0,5 кг·м<sup>2</sup>.**
12. Веревка разрывается при подвешивании к ней тела массой 36 кг. Тело какой наибольшей массы можно поднимать на этой веревке с ускорением 2 м/с<sup>2</sup>? **Ответ: 30 кг.**
13. Тело соскальзывает по гладкой поверхности, составляющей угол 30° с горизонтом. Найти ускорение тела. **Ответ: 5 м/с<sup>2</sup>.**

14. С какой минимальной горизонтальной силой нужно прижимать тело массой 2 кг к вертикальной стене, чтобы оно не упало? Коэффициент трения между поверхностью стены и телом равен 0,2. **Ответ: 100 Н.**
15. Тело массой 500 г упало с высоты 19 м за 2 с. Найти силу сопротивления воздуха, считая ее постоянной. **Ответ: 0,25 Н.**
16. Маховик в виде цилиндра массой 5 кг и радиусом 20 см за 4 с от начала равноускоренного вращения достиг частоты 10 об/с. Найти момент сил, действующих на маховик. **Ответ: 1,57 Н·м.**
17. Тонкий однородный стержень длиной 50 см и массой 400 г вращается с угловым ускорением  $3 \text{ рад/с}^2$  около оси, проходящей перпендикулярно стержню через его середину. Определить вращающий момент. **Ответ: 25 мН·м.**
18. Пуля летит со скоростью 800 м/с, вращаясь около продольной оси с частотой 3000 об/с. Принимая пулю за цилиндр диаметром 8 мм, определить какую долю кинетической энергии тела составляет кинетическая энергия вращения. **Ответ: 0,44 %.**
19. Под действием постоянной силы вагонетка приобрела скорость 2 м/с. Определить работу  $A$  силы, если масса вагонетки равна 400 кг. **Ответ: 800 Дж.**
20. Маленький шарик массой 100 г движется в горизонтальной плоскости на нити длиной 40 см. Какую работу нужно совершить, чтобы увеличить угловую скорость шарика с 20 рад/с до 25 рад/с? **Ответ: 18 Дж.**
21. Определить линейную скорость центра полого цилиндра, скатившегося без скольжения с наклонной плоскости с высоты 1,6 м. **Ответ: 4 м/с.**
22. Однородный цилиндр катится без проскальзывания по горизонтальной поверхности со скоростью 2 м/с. На какую высоту он сможет подняться по наклонной плоскости? **Ответ: 0,3 м.**
23. Снаряд массы 50 кг, летящий горизонтально со скоростью 800 м/с, попадает в платформу с песком и застревает в нем. Найти скорость платформы после попадания снаряда, если ее масса 16 т. **Ответ: 2,5 м/с.**
24. По горизонтальным рельсам со скоростью 20 км/ч движется платформа массы 200 кг. На нее вертикально падает камень массы 50 кг и движется вместе с платформой. С какой скоростью после этого движется платформа? **Ответ: 16 км/ч.**
25. Платформа в виде диска массой 4 кг и радиусом 12 см вращается по инерции вокруг вертикальной оси. Во сколько раз уменьшится частота вращения, если на нее положить кольцо массой 1 кг и радиусом 10 см? **Ответ: 1,35.**
26. Точка совершает гармонические колебания по закону  $x = A \cos(\omega t + \varphi_0)$ , где  $A = 3 \text{ см}$ , а  $\omega = 2 \text{ с}^{-1}$ . Найти максимальную скорость точки. **Ответ: 6 см/с.**
27. Точка совершает гармонические колебания по закону  $x = A \cos(\omega t + \varphi_0)$ , где  $A = 5 \text{ см}$ , а  $\omega = 2 \text{ с}^{-1}$ . Найти максимальное ускорение точки. **Ответ: 20 см/с<sup>2</sup>.**
28. Найти период колебаний физического маятника, представляющего собой однородный стержень длиной 60 см, вращающийся вокруг горизонтальной оси, проходящей через один из его концов. **Ответ: 1,26 с.**
29. Найти период колебаний физического маятника, представляющего собой однородный диск радиусом 30 см, вращающийся вокруг горизонтальной оси, проходящей через край диска. **Ответ: 1,33 с.**
30. Баллон вместимостью 20 л содержит углекислый газ массой 500 г под давлением 1,3 МПа. Определить температуру газа. **Ответ: 275 К.**
31. Какой объем занимает идеальный газ, содержащий 1 кмоль вещества при давлении 1 МПа и температуре 400 К? **Ответ: 3,3 м<sup>3</sup>.**
32. Баллон вместимостью 12 л содержит углекислый газ. Давление газа равно 1 МПа, температура 300 К. Определить массу газа в баллоне. **Ответ: 212 г.**
33. В баллоне вместимостью 25 л находится водород при температуре 290 К. После того как часть водорода израсходовали, давление в баллоне понизилось на 0,4 МПа. Определить массу израсходованного водорода. **Ответ: 8,3 г.**

34. В баллоне содержится газ при температуре 100 °С. До какой температуры (в °С) нужно нагреть газ, чтобы его давление увеличилось в два раза? **Ответ: 473 °С.**
35. Какое количество теплоты потребуется, чтобы нагреть 1 моль азота на 300 К при постоянном объеме? **Ответ: 6,23 кДж.**
36. На сколько изменилась внутренняя энергия водяного пара, если при его изобарическом сжатии внешние силы совершили работу равную 10 кДж? **Ответ: 30 кДж.**
37. При каком давлении происходило изобарное расширение азота, если на увеличение его объема на 12 л было затрачено количество теплоты равное 21 кДж? **Ответ: 500 кПа.**
38. Какое количество теплоты было затрачено на нагрев гелия при постоянном объеме  $V=20$  л, если его давление возросло на 400 кПа? **Ответ: 12 кДж.**
39. Какое количество теплоты потребуется, чтобы нагреть 8 моль водорода на 100 К при постоянном давлении? **Ответ: 23,3 кДж.**
40. При изохорном нагреве 1 моля гелия температура увеличивается в 3 раза. Найти приращение энтропии. **Ответ: 13,7 Дж/К.**

#### 4.2. Промежуточная аттестация в форме экзамена (2 семестр)

Код компетенции	Результаты освоения основной образовательной программы Содержание компетенций
ОПК-3	Способен использовать математические методы, необходимые для решения задач профессиональной деятельности

#### Типовые теоретические вопросы к экзамену по дисциплине

1. Электрический заряд и его свойства. Закон сохранения заряда. Взаимодействие зарядов. Закон Кулона.
2. Электростатическое поле, вектор напряженности. Принцип суперпозиции электрических полей и его применение для расчета поля, созданного системой зарядов.
3. Поток вектора напряженности электрического поля. Теорема Гаусса для электрического поля в вакууме.
4. Теорема о циркуляции вектора напряженности электрического поля. Потенциал поля точечного заряда.
5. Свободные и связанные заряды. Вектор электрического смещения. Теорема Гаусса для электрического поля в диэлектрике.
6. Диэлектрики, поляризация диэлектриков. Вектор поляризованности. Электрическое поле внутри диэлектриков. Диэлектрическая восприимчивость и проницаемость.
7. Распределение заряда в проводнике. Электростатическая индукция. Электрическая емкость уединенного проводника, 2-х проводников.
8. Электродвижущая сила. Закон Ома и сопротивление проводников. Закон Ома в интегральной и дифференциальной формах. Закон Ома для неоднородного участка цепи.
9. Мощность тока. Закон Джоуля-Ленца в интегральной и дифференциальной формах.
10. Вектор магнитной индукции. Магнитное поле равномерно движущегося заряда. Закон Био-Савара-Лапласа.
11. Взаимодействие проводников с током. Закон Ампера.
12. Теорема о циркуляции вектора индукции магнитного поля. Закон полного тока.
13. Поток вектора магнитной индукции. Теорема Гаусса для вектора индукции магнитного поля. Контур с током в однородном и неоднородном магнитном поле.
14. Явление электромагнитной индукции. Опыты Фарадея. Закон электромагнитной индукции. Правило Ленца. Электродвижущая сила индукции. Полный магнитный поток. Токи Фуко.



15. Явление самоиндукции. Индуктивность. ЭДС самоиндукции. Индуктивность соленоида.
16. Взаимная индукция. Взаимная индуктивность. Энергия контура с током. Плотность энергии.
17. Намагниченность. Токи намагничивания. Вектор напряженности магнитного поля. Теорема о циркуляции вектора напряженности магнитного поля.
18. Уравнение Максвелла для электромагнитного поля в интегральной и дифференциальной формах.
19. Дифференциальное уравнение электромагнитных колебаний, его решение. Виды колебаний и их характеристики.
20. Уравнение вынужденных колебаний. Резонанс токов и напряжений. Понятие о переменном токе.

Код компетенции	Результаты освоения основной образовательной программы Содержание компетенций
ОПК-4	Способен анализировать физическую сущность явлений и процессов, лежащих в основе функционирования микроэлектронной техники, применять основные физические законы и модели для решения задач профессиональной деятельности

#### **Типовые теоретические вопросы к экзамену по дисциплине**

1. Потенциальность электрического поля. Работа по перемещению заряда в электрическом поле. Потенциальная энергия взаимодействия электрических зарядов.
2. Связь между потенциалом и напряженностью.
3. Применение теоремы Гаусса для расчета электрических полей, созданных точечным зарядом, равномерно заряженной плоскостью, сферой, нитью, цилиндром, шаром.
4. Вычисление потенциала по напряженности электрического поля.
5. Электрический момент диполя. Точечный диполь. Электрическое поле точечного диполя и его расчет на основе принципа суперпозиции. Электрическое поле на оси диполя и в направлении, перпендикулярном к оси диполя.
6. Электрический диполь в однородном и неоднородном электрическом поле. Потенциальная энергия диполя.
7. Условия для вектора напряженности электрического поля и вектора электрического смещения на границе двух диэлектриков.
8. Сегнетоэлектрики, их свойства. Диэлектрический гистерезис.
9. Конденсаторы, виды конденсаторов. Энергия заряженного проводника, конденсатора. Энергия электрического поля. Объемная плотность энергии.
10. Классические опыты по обнаружению и объяснению механизма возникновения электрического тока. Условия возникновения электрического тока. Характеристики электрического тока: сила тока и плотность тока. Уравнение непрерывности.
11. Разветвленные электрические цепи. Правила Кирхгофа.
12. Квазистационарные токи. Процессы установления тока при заряде, разряде конденсатора.
13. Применение закона Био-Савара-Лапласа для расчета магнитного поля прямого проводника с током, кругового проводника с током.
14. Действие магнитного на движущийся заряд. Сила Лоренца. Эффект Холла.
15. Применение закона полного тока для расчёта магнитного поля соленоида, тороидальной катушки.
16. Работа по перемещению проводника и контура с током в магнитном поле.
17. Изменение силы тока при размыкании/замыкании цепи, содержащей

индуктивность.

18. Условия для векторов индукции и напряженности магнитного поля на границе двух магнетиков.

19. Диа-, пара-, ферро магнетики: основные характеристики.

20. Дивергенция и ротор вектора индукции магнитного поля. Вихревое электрическое поле, ток смещения. Электромагнитное поле.

#### Типовые задачи по дисциплине

1. Найти расстояние между двумя точечными электрическими зарядами, если известно, что при уменьшении этого расстояния на 50 см сила взаимодействия увеличивается в 2 раза. **Ответ: 1,7 м.**

2. На металлической сфере радиусом 15 см находится заряд  $Q = 2$  нКл. Определить напряженность  $E$  электростатического поля на расстоянии  $r = 10$  см от центра сферы. **Ответ: 0.**

3. На металлической сфере радиусом 15 см находится заряд  $Q = 2$  нКл. Определить напряженность  $E$  электростатического поля на поверхности сферы. **Ответ: 800 В/м.**

4. На металлической сфере радиусом 15 см находится заряд  $Q = 2$  нКл. Определить напряженность  $E$  электростатического поля на расстоянии  $r = 20$  см от центра сферы. **Ответ: 450 В/м.**

5. Металлический шар радиусом 5 см несет заряд  $Q = 10$  нКл. Определить потенциал  $\varphi$  электростатического поля на поверхности шара. **Ответ: 1800 В.**

6. Две концентрические металлические заряженные сферы радиусами  $R_1 = 6$  см и  $R_2 = 10$  см несут соответственно заряды  $Q_1 = 1$  нКл и  $Q_2 = -0,5$  нКл. Найти напряженность  $E$  поля в точке, отстоящей от центра сфер на расстояние  $r_1 = 5$  см. **Ответ: 0.**

7. Электрическое поле создано двумя бесконечными параллельными пластинами, несущими равномерно распределенный по площади заряд  $\sigma = 1$  нКл/м<sup>2</sup>. Определить напряженность  $E$  поля между пластинами. **Ответ: 0.**

8. Электрическое поле создано двумя бесконечными параллельными пластинами, несущими равномерно распределенный по площади заряд  $\sigma = 1$  нКл/м<sup>2</sup>. Определить напряженность  $E$  поля вне пластин. **Ответ: 113 В/м.**

9. Потенциал электрического поля, создаваемого системой зарядов, имеет вид  $\varphi = a(x^2 - y^2)$ , где  $a = 1$  В/м<sup>2</sup>. Найти модуль напряженности электрического поля в точке с координатами  $x = 1$  м,  $y = 0,5$  м. Ответ привести в системе СИ и округлить с точностью до двух цифр после запятой. **Ответ: 2,24 В/м.**

10. Два точечных заряда  $+7,5$  нКл и  $-14,7$  нКл расположены на расстоянии 5 см. Найти напряженность электрического поля в точке, находящейся на расстоянии 3 см от первого и 4 см от второго заряда. **Ответ: 112 кВ/м.**

11. Определить напряженность электрического поля в точке, расположенной вдоль прямой, соединяющей заряды  $+10$  нКл и  $+8$  нКл и находящейся на расстоянии 12 см от первого и 8 см от второго заряда. Расстояние между зарядами 20 см. **Ответ: 5000 В/м.**

12. В вершинах квадрата со стороной 5 см находятся одинаковые положительные заряды 2 нКл. Определить напряженность электрического поля в центре квадрата. **Ответ: 0.**

13. Расстояние  $l$  между зарядами  $Q = \pm 2$  нКл диполя равно 10 см. Найти потенциал  $\varphi$  поля созданного диполем в точке, удаленной на  $r = 10$  см как от первого, так и от второго заряда. **Ответ: 0.**

14. Диполь с электрическим моментом  $p = 75$  пКл·м свободно устанавливается в однородном электрическом поле напряженностью  $E = 80$  кВ/м. Вычислить работу  $A$ , необходимую для того, чтобы повернуть диполь на угол  $\alpha = 90^\circ$ . **Ответ: 6 мкДж.**

15. Определить, при какой напряженности  $E$  среднего макроскопического поля в диэлектрике ( $\epsilon=3$ ) поляризованность  $P$  достигнет значения, равного  $200 \text{ мкКл/м}^2$ . **Ответ: 11,3 МВ/м.**
16. Найти радиус внешней обкладки  $R_2$  воздушного сферического конденсатора емкостью  $C = 4 \text{ пф}$ , если радиус внутренней обкладки  $R_1 = 2 \text{ см}$ . **Ответ: 4,5 см.**
17. Найти радиус  $R_1$  внутренней обкладки сферического конденсатора емкостью  $C = 3,3 \text{ пф}$ , если радиус внешней  $R_2 = 3 \text{ см}$ , диэлектрик – парафин ( $\epsilon = 2$ )? **Ответ: 1 см.**
18. Определить емкость цилиндрического воздушного конденсатора длиной  $l = 10 \text{ см}$ , с радиусами обкладок  $R_1 = 1 \text{ см}$  и  $R_2 = 2 \text{ см}$ . **Ответ: 8 пФ.**
19. Три одинаковых конденсатора соединены последовательно. Емкость такой батареи  $C = 100 \text{ пф}$ . Определить емкость батареи конденсаторов, после того, как один из них заполнили парафином ( $\epsilon = 2$ ). **Ответ: 120 пФ.**
20. Плоский воздушный конденсатор емкостью  $C = 1,11 \text{ нФ}$  заряжен до разности потенциалов  $U = 300 \text{ В}$ . После отключения от источника тока расстояние между обкладками конденсатора было увеличено в 5 раз. Определить работу  $A$  внешних сил по раздвижению обкладок. **Ответ: 0,2 мДж.**
21. Сила тока в проводнике изменяется со временем по закону  $I(t) = kt$ , где  $k = 0,5 \text{ А/с}$ . Найти заряд  $q$ , протекающий через поперечное сечение проводника за время  $\tau = 1 \text{ с}$ . **Ответ: 0,25 Кл.**
22. Аккумулятор с внутренним сопротивлением  $0,08 \text{ Ом}$  при токе  $4 \text{ А}$  отдает во внешнюю цепь  $8 \text{ Вт}$ . Какую мощность отдаст он во внешнюю цепь при токе  $6 \text{ А}$ ? **Ответ: 11 Вт.**
23. К источнику тока с ЭДС  $\mathcal{E} = 1,5 \text{ В}$  присоединили катушку с сопротивлением  $R = 0,1 \text{ Ом}$ . Амперметр показал силу тока, равную  $I_1 = 0,5 \text{ А}$ . Когда к источнику тока присоединили последовательно еще один источник тока с такой же ЭДС, то сила тока  $I$  в той же катушке оказалась равной  $0,4 \text{ А}$ . Определить внутреннее сопротивление первого источника тока. **Ответ: 2,9 Ом.**
24. При силе тока  $I_1 = 3 \text{ А}$  во внешней цепи аккумулятора выделяется мощность  $P_1 = 18 \text{ Вт}$ , при силе тока  $I_2 = 1 \text{ А}$  - соответственно  $P_2 = 10 \text{ Вт}$ . Определить внутреннее сопротивление  $r$  батареи. **Ответ: 20 Ом.**
25. Плотность тока в медном проводнике равна  $2 \text{ А/мм}^2$ . Найти напряженность электрического поля в проводнике. Удельное сопротивление меди  $17 \text{ нОм}\cdot\text{м}$ . **Ответ: 34 мВ/м.**
26. По прямому бесконечно длинному проводнику течет ток  $50 \text{ А}$ . Определить магнитную индукцию в точке, удаленной на расстояние  $5 \text{ см}$  от проводника. **Ответ: 200 мкТл.**
27. Чему равен радиус тонкого кольца, по которому течет ток  $30 \text{ А}$ , если напряженность магнитного поля в центре кольца равна  $2 \text{ А/м}$ ? **Ответ: 7,5 м.**
28. Какой ток течет по прямому бесконечно длинному проводнику, если на расстоянии  $10 \text{ см}$  от него магнитная индукция равна  $20 \text{ мкТл}$ ? **Ответ: 10 А.**
29. Какой ток идет по тонкому кольцу радиуса  $10 \text{ см}$ , если индукция магнитного поля в центре кольца равна  $100 \text{ мкТл}$ ? **Ответ: 16 А.**
30. Два длинных параллельных провода находятся на расстоянии  $r = 5 \text{ см}$  один от другого. По проводам текут в противоположных направлениях одинаковые токи  $I = 10 \text{ А}$  каждый. Найти напряженность  $H$  магнитного поля в точке, находящейся на расстоянии  $r_1 = 2 \text{ см}$  от одного и  $r_2 = 3 \text{ см}$  от другого провода. **Ответ: 132 А/м.**
31. Определить индукцию магнитного поля на оси длинного соленоида, содержащего  $n = 20 \text{ витков/см}$  при силе тока  $I = 10 \text{ А}$ . **Ответ: 0,025 Тл.**

32. Сколько витков на единицу длины содержит длинный соленоид при силе тока  $I = 0,5$  А, если напряженность поля на оси соленоида  $H = 300$  А/м. **Ответ: 600 м<sup>-1</sup>.**
33. Определить напряженность магнитного поля на оси длинного соленоида, содержащего  $n = 10$  витков/см при силе тока  $I = 1$  А. **Ответ: 1000 А/м.**
34. Вычислить циркуляцию вектора напряженности вдоль контура, охватывающего токи  $I_1=10$ А,  $I_2=15$ А, текущие в одном направлении, и ток  $I_3=20$ А, текущий в противоположном направлении. **Ответ: 5 А.**
35. Прямой провод, по которому течет ток  $I=1$  кА, расположен в однородном магнитном поле перпендикулярно линиям индукции. С какой силой  $F$  действует поле на отрезок провода длиной  $l=1$  м если магнитная индукция  $B$  равна 1 Тл? **Ответ: 1000 Н.**
36. Прямой провод, по которому течет ток  $I=100$  А, расположен в однородном магнитном поле под углом  $60^\circ$  к линиям магнитной индукции. С какой силой  $F$  действует поле на отрезок провода длиной  $l=10$  см если магнитная индукция  $B$  равна 0,1 Тл? **Ответ: 0,87 Н.**
37. Рамка гальванометра длиной  $a=4$  см и шириной  $b = 1,5$ см, содержащая  $N=200$  витков тонкой проволоки, находится в магнитном поле с индукцией  $B=0,1$  Тл. Плоскость рамки параллельна линиям индукции. Найти механический момент  $M$ , действующий на рамку, когда по витку течет ток  $I=1$  мА. **Ответ: 12 мкН/м.**
38. Напряженность  $H$  магнитного поля в центре круговой витка равна 200 А/м. Магнитный момент  $p_m$  витка равен 1 А·м<sup>2</sup> Вычислить радиус  $R$  витка. **Ответ: 9,27 см.**
39. Вычислить радиус  $R$  дуги окружности, которую описывает протон в магнитном поле с индукцией  $B = 15$  мТл, если скорость  $v$  протона равна 2 Мм/с. **Ответ: 1,38 м.**
40. Двукратно ионизированный атом гелия ( $\alpha$ -частица) движется в однородном магнитном поле напряженностью  $H = 100$  кА/м по окружности радиусом  $R = 10$  см. Найти скорость  $v$   $\alpha$ -частицы. **Ответ: 0,61 Мм/с.**
41. На электрон, движущийся в однородном магнитном поле индукцией  $B = 2$  Тл со скоростью  $v = 10^7$  м/с действует сила  $F = 1,6$  пН. Найти угол между направлениями скорости и магнитной индукции. **Ответ: 30°.**
42. Цепь состоит из последовательно соединенных сопротивления  $R = 1$  Ом, катушки индуктивности  $L = 1$  Гн, источника тока и ключа. Ключ замкнут. Через какое время после размыкания ключа сила тока в цепи уменьшится в 2 раза? **Ответ: 0,693 с.**
43. Цепь состоит из последовательно соединенных сопротивления, катушки индуктивности, источника тока и ключа. Ключ замкнут. Через  $t = 0,5$  с после размыкания ключа сила тока в цепи уменьшилась 3 раза. Определить сопротивление  $R$ , если индуктивность  $L = 4,1$  Гн. **Ответ: 9 Ом.**
44. Вычислить энергию магнитного поля соленоида, содержащего  $N = 1000$  витков провода, при силе тока  $I = 1$  А, если магнитный поток через его поперечное сечение  $\Phi = 0,1$  мВб. **Ответ: 0,05 Дж.**
45. Найти индуктивность проводящего контура, если магнитный поток через него увеличивается на 0,02 Вб в результате изменения тока в контуре с 4 А до 8 А. **Ответ: 5 мГн.**

#### 4.3. Промежуточная аттестация в форме зачета (3 семестр)

Код компетенции	Результаты освоения основной образовательной программы Содержание компетенций
ОПК-3	Способен использовать математические методы, необходимые для решения задач профессиональной деятельности

### Типовые теоретические вопросы к экзамену по дисциплине

1. Распространение волн в упругой среде. Продольные и поперечные волны. Уравнение плоской и сферической гармонических волн. Фазовая скорость. Волновое уравнение. Энергия волны. Принцип суперпозиции волн. Стоячие волны.
2. Волновое уравнение для электромагнитной волны. Основные свойства электромагнитных волн. Энергия электромагнитных волн. Вектор Пойнтинга. Интенсивность волн.
3. Временная и пространственная когерентности. Степень когерентности. Интерференция двух волн. Интерференция света. Ширина интерференционной полосы.
4. Дифракция света. Принцип Гюйгенса-Френеля.
5. Естественный и поляризованный свет. Закон Малюса. Степень поляризации света.
6. Поляризация при отражении и преломлении. Закон Брюстера.
7. Распространение света в поглощающих средах. Закон Бугера. Дисперсия света. Нормальная и аномальная дисперсия.
8. Тепловое излучение и его характеристики. Законы теплового излучения. Гипотеза Планка. Фотоны.
9. Корпускулярно-волновой дуализм света и материи. Гипотеза де Бройля. Некоторые свойства волн де Бройля.
10. Волновые свойства микрочастиц. Дифракция электронов. Принцип неопределенности Гейзенберга.
11. Волновая функция и ее физический смысл. Нормировка, стандартные условия. Суперпозиция состояний в квантовой механике.
12. Частица в одномерной прямоугольной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Прохождение частицы сквозь потенциальный барьер. Линейный гармонический осциллятор.
13. Атом Резерфорда-Бора. Энергетические уровни. Атом водорода в квантовой механике.
14. Квантовые числа электрона в атоме. Спин электрона. Спин микрочастиц. Фермионы. Бозоны. Принцип Паули. Распределение электронов по энергетическим уровням в атомах. Периодическая система элементов.
15. Понятие о квантовых статистиках Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака. Вырожденный электронный газ в металлах.
16. Размер, состав и заряд атомного ядра. Дефект массы и энергия связи ядра. Спин ядра и его магнитный момент. Ядерные силы. Модели ядра.
17. Общие свойства элементарных частиц. Классификация элементарных частиц. Частицы и античастицы. Сильное, электромагнитное, слабое и гравитационное взаимодействия.

Код компетенции	Результаты освоения основной образовательной программы Содержание компетенций
ОПК-4	Способен анализировать физическую сущность явлений и процессов, лежащих в основе функционирования микроэлектронной техники, применять основные физические законы и модели для решения задач профессиональной деятельности

### Типовые теоретические вопросы к экзамену по дисциплине

1. Способы наблюдения интерференции света. Двухлучевая интерференция. Интерференция в тонких пленках. Полосы равного наклона и равной толщины.

Интерферометры.

2. Метод зон Френеля. Дифракция Френеля на круглом отверстии. Зонная пластинка.
3. Дифракция Фраунгофера на щели и многих щелях. Дифракционная решетка.
4. Дифракция на пространственной решетке. Формула Вульфа-Брэггов. Разрешающая способность оптических приборов.
5. Экспериментальное подтверждение квантовых свойств света: внешний фотоэффект: эффект Комптона.
6. Квантовые уравнения движения (общее уравнение Шредингера, уравнение Шредингера для стационарных состояний).
7. Энергетические зоны в кристаллах в приближении сильной связи. Металлы, полупроводники и диэлектрики по зонной теории.
8. Собственная и примесная проводимость полупроводников.
9. Фотопроводимость полупроводников.
10. Контакт двух металлов по зонной теории. Термоэлектрические явления и их применение.
11. Выпрямление переменного тока на контакте металл-полупроводник.
12. Контакт электронного и дырочного полупроводников. Транзисторы.
13. Закономерности  $\alpha$ - и  $\beta$ -распадов. Нейтрино.  $\gamma$ -излучение и его свойства.
14. Ядерные реакции. Энергетическая схема ядерных реакций. Пути использования ядерной энергии.

#### Типовые задачи по дисциплине

1. На пути световой волны, идущей в воздухе, поставили стеклянную пластинку (показатель преломления стекла равен 1,5) толщиной 1 мм. На сколько изменится оптическая длина пути, если волна падает на пластинку нормально. **Ответ: 0,5 мм.**
2. Найти все длины волн видимого света (от 0,76 до 0,38 мкм), которые будут максимально усилены при оптической разности хода интерферирующих волн, равной 1 мкм. **Ответ: 0,5 мкм.**
3. Расстояние  $d$  между двумя щелями в опыте Юнга равно 1 мм, расстояние  $l$  от щелей до экрана 3 м. Определить длину волны  $\lambda$ , испускаемой источником монохроматического света, если ширина  $b$  интерференционных полос на экране равна 1,5 мм. **Ответ: 0,5 мкм.**
4. 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? **Ответ: 0,1 мкм.**
5. Расстояние  $\Delta r_{2,1}$  между вторым и первым темным кольцами Ньютона в отраженном свете равно 1 мм. Определить расстояние  $\Delta r_{10,9}$  между десятым и девятым кольцами. **Ответ: 0,39 мм.**
6. На щель шириной  $a=0,05$  мм падает нормально монохроматический свет ( $\lambda=0,6$  мкм). Определить (в градусах) угол  $\varphi$  между первоначальным направлением пучка света и направлением на четвертую темную дифракционную полосу. **Ответ: 2,75°.**
7. Сколько штрихов на каждый миллиметр содержит дифракционная решетка, если при наблюдении в монохроматическом свете ( $\lambda=0,6$  мкм) максимум пятого порядка отклонен на угол  $\varphi=18^\circ$ ? **Ответ: 100.**
8. 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? **Ответ: 8.**

9. Сколько штрихов на каждый миллиметр содержит дифракционная решетка, если при наблюдении в монохроматическом свете ( $\lambda = 0,6$  мкм) максимум третьего порядка отклонен на угол  $\varphi = 21^\circ$ ? **Ответ: 200.**
10. Пучок естественного света, идущий в воде, отражается от грани алмаза ( $n = 2,42$ ), погруженного в воду ( $n = 1,33$ ). При каком угле падения  $\alpha$  (в градусах) отраженный свет полностью поляризован? **Ответ:  $61,2^\circ$ .**
11. Угол Брюстера  $\alpha_{бр}$  при падении света из воздуха на кристалл каменной соли равен  $57^\circ$ . Определить скорость света в этом кристалле. **Ответ: 194 Мм/с.**
12. Предельный угол  $\alpha$  полного отражения пучка света на границе жидкости с воздухом равен  $43^\circ$ . Определить угол Брюстера  $\alpha_{бр}$  (в градусах) для падения луча из воздуха на поверхность этой жидкости. **Ответ:  $\approx 55^\circ 45'$ .**
13. Угол между главными плоскостями поляризатора и анализатора составляет  $30^\circ$ . Определить изменение интенсивности прошедшего через них света, если угол между главными плоскостями поляризатора и анализатора изменился до  $45^\circ$ . **Ответ: 1,5.**
14. Степень поляризации  $P$  частично-поляризованного света равна 0,5. В сколько раз отличается максимальная интенсивность света пропускаемого через анализатор, от минимальной? **Ответ: 3.**
15. Определить температуру, при которой энергетическая светимость  $R_\Sigma$  абсолютно черного тела равна  $10$  кВт/м<sup>2</sup>. **Ответ: 648 К.**
16. Поток энергии, излучаемый из смотрового окошка плавильной печи, равен  $34$  Вт. Определить температуру печи, если площадь окошка составляет  $6$  см<sup>2</sup>. **Ответ: 1000 К.**
17. Во сколько раз надо увеличить термодинамическую температуру абсолютно черного тела, чтобы его энергетическая светимость выросла в 16 раз. **Ответ: 2.**
18. На какую длину волны приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости абсолютно черного тела при температуре  $0^\circ\text{C}$ . **Ответ: 10,6 мкм.**
19. Определить длину волны света, облучающего фотокатод с работой выхода  $A = 2,1$  эВ, если максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов  $T_{\max} = 1$  эВ. **Ответ: 400 нм.**
20. На поверхность фотокатода падает монохроматический свет ( $\lambda = 310$  нм). Чтобы прекратить эмиссию электронов, нужно приложить задерживающую разность потенциалов  $U$  не менее  $1,7$  В. Определить работу выхода в эВ. **Ответ: 2,3 эВ.**
21. Частица находится в потенциальном ящике. Найти отношение разности соседних энергетических уровней  $\Delta E_{n+1,n}$  к энергии  $E_n$  частицы в случае  $n = 5$ . **Ответ: 0,44.**
22. Частица находится в потенциальном ящике. Найти отношение разности соседних энергетических уровней  $\Delta E_{n+1,n}$  к энергии  $E_n$  частицы в случае  $n \rightarrow \infty$ . **Ответ: 0.**
23. Определить холловскую разность потенциалов между гранями кремниевого образца шириной  $l = 2$  см, помещенного в однородное магнитное поле с индукцией  $B = 0,3$  Тл, при пропускании тока плотностью  $j = 2$  А/м<sup>2</sup>. Постоянная Холла  $R_H = 0,1$  м<sup>3</sup>/Кл. **Ответ: 1,2 мВ.**
24. Определить постоянную Холла металлического образца, если концентрация носителей заряда  $n = 4,1 \cdot 10^{20}$  м<sup>-3</sup>. **Ответ: 0,015 м<sup>3</sup>/Кл.**
25. Какая часть (в %) начального количества атомов радиоактивного актиния  $^{225}\text{Ac}$  останется через 5 сут? Период полураспада 10 суток. **Ответ: 71 %.**
26. Постоянная распада  $\lambda$  рубидия  $^{89}\text{Rb}$  равна  $7,7 \cdot 10^{-4}$  с<sup>-1</sup>. Определить его период полураспада  $T_{1/2}$  в минутах. **Ответ: 15 мин.**
27. За один год начальное количество радиоактивного изотопа уменьшилось в три раза. Во сколько раз оно уменьшится за два года? **Ответ: 9.**
28. За время  $t = 8$  сут распалось  $k = 0,75$  начального количества ядер радиоактивного изотопа. Определить период полураспада  $T_{1/2}$ . **Ответ: 4 дня.**

29. Ядерная реакция имеет вид  ${}^6\text{Li} + ? \rightarrow {}^9\text{Be} + {}^4\text{He}$ . Определить массовое число недостающего элемента. **Ответ: 7.**

30. Ядерная реакция имеет вид  ${}^{12}\text{C} + {}^2\text{H} \rightarrow ? + {}^{11}\text{B}$ . Определить массовое число недостающего элемента. **Ответ: 3.**

Оператор ЭДО ООО "Компания "Тензор"

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

СОГЛАСОВАНО

**ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ**, Дубков Михаил Викторович,  
Заведующий кафедрой ОиЭФ

**19.08.24** 08:30 (MSK)

Простая подпись