



Содержание

1. Паспорт фонда оценочных средств
2. Перечень формируемых компетенций
 - 2.1. Компетенции, закреплённые за дисциплиной
3. Содержание оценочных средств по дисциплине
 - 3.1. Виды оценочных средств
 - 3.2. Содержание оценочных средств
4. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации
 - 4.1. Порядок проведения промежуточной аттестации
 - 4.2. Критерии оценивания промежуточной аттестации по видам оценочных средств
 - 4.3. Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций



1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Направление подготовки: 03.03.03 Радиофизика

Направленность (профиль): Телекоммуникационные системы и информационные технологии

Дисциплина: Физическая электроника

Семестр: 6

Форма промежуточной аттестации: экзамен

Система оценивания: оценивание результатов осуществляется в рамках 5-балльной системы с использованием балльно-рейтинговой системы.

2. ПЕРЕЧЕНЬ ФОРМИРУЕМЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

2.1. Компетенции, закреплённые за дисциплиной

Изучение дисциплины «Физическая электроника» направлено на формирование следующих компетенций:

Коды компетенции (по ФГОС)	Содержание компетенций согласно ФГОС	Индикаторы достижения компетенций согласно ОПОП	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-1	Способен применять базовые знания в области физики и радиофизики и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности	ОПК-1.1. Обладает базовыми знаниями, полученными в области физики и радиофизики. ОПК-1.2. Демонстрирует умение решать задачи, формулируемые в рамках физики и радиофизики. ОПК-1.3. Имеет навыки использования основных понятий, теорем, законов физики и радиофизики для решения задач профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности.	Для достижения индикатора ОПК-1.1: Знать базовые понятия, полученные в области физики и радиофизики (физические принципы работы электронных приборов, технические характеристики и элементную базу генераторных, усилительных и модуляционных устройств различных диапазонов). Для достижения индикатора ОПК-1.2: Уметь решать задачи, формулируемые в рамках физики и радиофизики (применять на практике электронные приборы). Для достижения индикатора ОПК-1.3: Владеть навыками использования основных понятий, теорем, законов физики и радиофизики для решения задач профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности (методами расчета основных характеристик электронных приборов).



3. СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

3.1 Виды оценочных средств

№ п/п	Код компетенции/ планируемые результаты обучения	Контролируемые темы/ разделы	Наименование оценочного средства для текущего контроля	Наименование оценочного средства на промежуточной аттестации/№ задания
1.	ОПК-1	Основы зонной теории твердых тел. Статистика электронов и дырок в полупроводниках и металлах	Типовые контрольные вопросы для текущего контроля, отчет за лабораторную работу	Тест (Раздел 1); вопросы к экзамену №1-8
		Эмиссионная электроника. Физика электронных вакуумных ламп	Типовые контрольные вопросы для текущего контроля, отчет за лабораторную работу	Тест (Раздел 2); вопросы к экзамену №9-18
		Электрический ток в газах	Типовые контрольные вопросы для текущего контроля, отчет за лабораторную работу	Тест (Раздел 3); вопросы к экзамену №19-24.
		Электронная оптика	Типовые контрольные вопросы для текущего контроля	Тест (Раздел 4); вопросы к экзамену №25-28.
		Термоэлектродвижущая сила в металлах и полупроводниках	Типовые контрольные вопросы для текущего контроля, отчет за лабораторную работу	Тест (Раздел 5); вопросы к экзамену №29-30.

3.2 Содержание оценочных средств

Контрольные вопросы для текущего контроля:

1. Объяснить, почему в газоразрядной плазме температура электронов намного выше температуры ионов.
2. Что такое электронная плазменная частота? Чем она определяется и как рассчитывается?



Радиус Дебая.

3. Как, используя зондовый метод, определить потенциал плазмы в месте расположения зонда?
4. Виды самостоятельного разряда. Как поддерживается самостоятельный разряд в газоразрядных приборах?
5. Что такое проницаемость и как она связана со статическим коэффициентом усиления трехэлектродной вакуумной лампы?
6. Анодные и анодно-сеточные характеристики вакуумных триодов. Уравнение лампы.
7. Как связана плотность тока эмиссии с температурой?
8. Каким законам подчиняется ток в вакуумном диоде при положительном и отрицательном напряжениях на аноде?
9. Объяснить, почему и как по вольт-амперным характеристикам диода при отрицательном напряжении на аноде можно найти закон распределения термоэлектронов по скоростям.
10. Каков физический смысл интегральной и дифференциальной кривых распределения? Какова связь этих кривых с вероятностными характеристиками?
11. На чем основан метод определения температуры катода по вольт-амперной характеристике вакуумного диода?
12. Что такое квантовый выход фотокатода и как его определить, зная чувствительность фотокатода?
13. Из каких компонент складывается темновой ток фотоэлектронного умножителя и от чего он зависит?
14. Почему наряду с энергетическими единицами, характеризующими распределение лучистой энергии, существуют светотехнические единицы?
15. В каких единицах измеряются энергетические и светотехнические величины? Как перевести единицы измерения из одной системы в другую?
16. Как различаются полупроводники, металлы и изоляторы по электропроводности? Какова зонная структура изолятора, проводника и полупроводника?
17. Что такое дырка с точки зрения зонной теории?
18. Объясните возникновение локальных энергетических уровней в кристалле.
19. Объясните механизм собственной и примесной проводимостей у полупроводников.
20. Как подвижность носителей заряда зависит от температуры в полупроводниках?
21. Объясните физический смысл энергий активации E_g и E_{pr} и температурного коэффициента сопротивления. Как они находятся экспериментально?
22. Почему температурный коэффициент сопротивления для полупроводников дается в справочниках для определенного температурного интервала?
23. Каковы причины возникновения термо-э.д.с.?
24. Как рассчитывается термо-э.д.с. в проводниках и полупроводниках без наличия контактов с другими материалами?
25. Как вычисляется внутренняя контактная разность потенциалов?
26. Как вычисляется внешняя контактная разность потенциалов?
27. Изобразите распределение потенциала в цепи, составленной из двух проводников при одинаковой температуре спаев.
28. Изобразите распределение потенциала в цепи, составленной из двух проводников при различных температурах спаев.
29. Как вычисляется термо-э.д.с. цепи, составленной из двух проводников?
30. Почему в металлах термо-э.д.с. имеет гораздо меньшие значения, чем в полупроводниках?

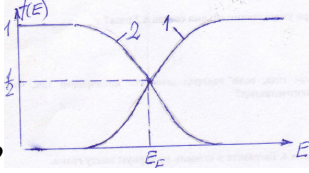
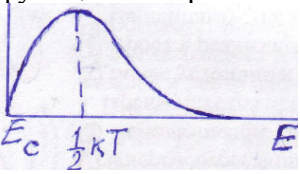


Задания к лабораторным работам студенты выполняют в течение семестра в ходе лабораторных занятий и в форме самостоятельной работы. В течение семестра студент должен сдать отчет по каждой из выполненных лабораторных работ. Отчет подразумевает выполнение всех заданий в виде таблиц, графиков, проведения расчетов и подведения итогов проделанной работы – написания выводов. Отчет по работе считается сданным во время, если он сдан в течение месяца после выполнения лабораторной работы.

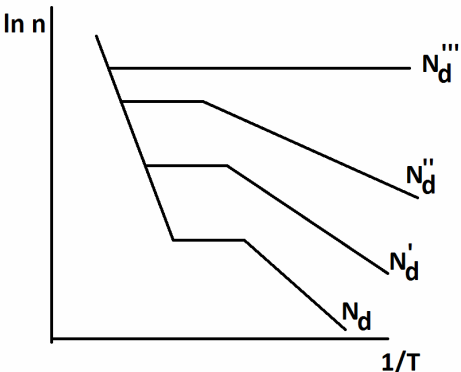
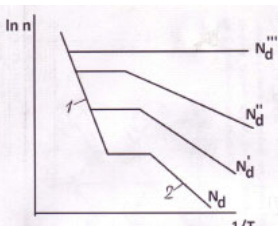
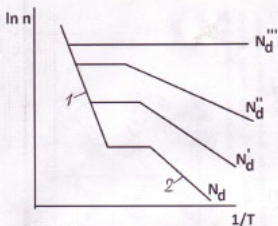
База тестовых вопросов:

№ п/п	Формулировка вопроса	Варианты ответов
Раздел 1. Основы зонной теории твердых тел. Статистика электронов и дырок в полупроводниках и металлах		
1	Условия делокализации электронов в металлах	1. Высота потенциального барьера в кристалле должна быть ниже уровня валентного электрона в изолированном атоме 2. Высота потенциального барьера в кристалле должна быть выше уровня валентного электрона в изолированном атоме
2	Чем ниже расположен уровень валентного электрона, тем	1. шире зона разрешенных значений энергии 2. уже зона разрешенных значений энергии
3	Наличие верхней энергетической зоны, которая заполнена лишь частично, присуще	1. металлам 2. диэлектрикам 3. полупроводникам
4	Чем отличаются металлы от диэлектриков по строению и расположению энергетических зон?	1. шириной запрещенной зоны 2. степенью заполнения электронами верхней зоны электронами
5	Почему металлы хорошо проводят электрический ток, а диэлектрики нет?	1. потому что находящиеся в зоне проводимости электроны имеют возможность переходить из занятых состояний на свободные 2. потому что у диэлектриков ширина запрещенной зоны большая, а у металлов маленькая
6	Каково направление оси энергии для электронов в зоне проводимости	1. От дна зоны к потолку 2. От потолка зоны ко дну 3. От дна зоны вниз в запрещенную зону
7	Каково направление оси энергии для дырок в валентной зоне	1. От потолка зоны вверх в зону проводимости 2. От потолка зоны ко дну 3. От потолка зоны вниз ко дну зоны
8	Назовите порядок величины энергии связи пятого («лишнего») электрона валентной	1. 0,01 эВ 2. 0,1 эВ

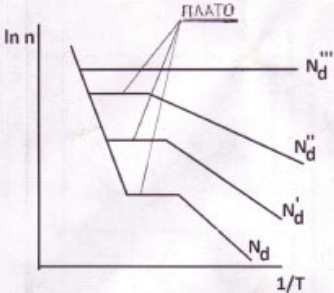
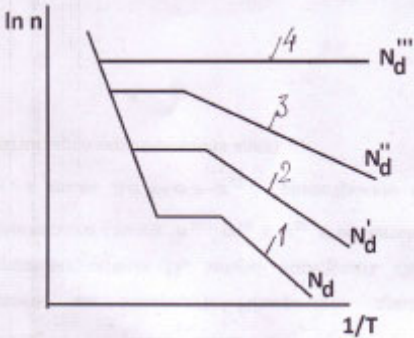


	оболочки пятиявалентного мышьяка, замещающего германий в кристаллической решетке германия	3. 1 эВ 4. 10 эВ
9	Где находится донорный энергетический уровень невырожденного полупроводника	1. В зоне проводимости 2. В валентной зоне 3. В запрещенной зоне
10	Где находится акцепторный энергетический уровень невырожденного полупроводника	1. В зоне проводимости 2. В валентной зоне 3. В запрещенной зоне
11	Запишите функцию распределения (вероятность заполнения состояний) электронов - функцию Ферми-Дирака	1. $\frac{1}{e^{\frac{E-E_F}{kT}} + 1}$ 2. $\frac{1}{e^{\frac{E-E_F}{kT}} + 1}$
12	Запишите функцию распределения (вероятность заполнения состояний) дырок.	1. $\frac{1}{e^{\frac{E_F-E}{kT}} + 1}$ 2. $\frac{1}{e^{\frac{E-E_F}{kT}} + 1}$
13	Какая из кривых является функцией распределения дырок по состояниям? 	1. №2 2. №1
14	Какая из функций изображена на рисунке? 	1. Функция Ферми-Дирака 2. Полная функция распределения электронов в зоне проводимости 3. Функция плотности состояний электронов
15	Чему равна концентрация электронов собственном полупроводнике	1. $n = \sqrt{N_c N_v} \cdot e^{-\frac{E_g}{2kT}}$ 2. $n = \sqrt{\frac{N_c N_v}{2}} e^{-\frac{E_{ind}}{2kT}}$
16	Где расположен уровень Ферми в собственном полупроводнике?	1. Под дном зоны проводимости 2. Над потолком валентной зоны 3. В середине запрещенной зоны
17	Где расположен уровень Ферми в донорном невырожденном полупроводнике?	1. Под дном зоны проводимости 2. Над потолком валентной зоны 3. В середине запрещенной зоны
18	Где расположен уровень Ферми в	1. Под дном зоны проводимости

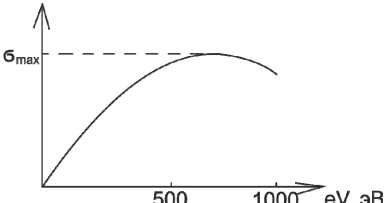
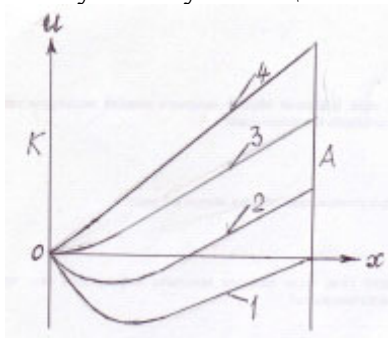
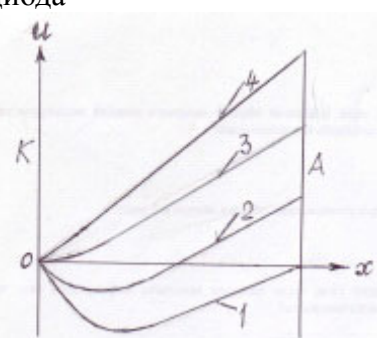


	акцепторном невырожденном полупроводнике?	2. Над потолком валентной зоны 3. В середине запрещенной зоны
19	<p>На рисунке приведено семейство зависимостей логарифма концентрации электронов от обратной температуры при различных значениях концентрации доноров N_d. Как последние соотносятся между собой?</p> 	1. $N_d < N_d' < N_d'' < N_d'''$ 2. $N_d > N_d' > N_d'' > N_d'''$
20	<p>На рисунке приведено семейство зависимостей логарифма концентрации электронов от обратной температуры при различных значениях концентрации доноров N_d. Чем определяется наклон зависимости $\ln n - 1/T$ на участке 1?</p> 	1. Энергией ионизации донора $E_{ид}$ 2. Шириной запрещенной зоны E_g
21	<p>На рисунке приведено семейство зависимостей логарифма концентрации электронов от обратной температуры при различных значениях концентрации доноров N_d. Чем определяется наклон зависимости $\ln n - 1/T$ на участке 2?</p> 	1. Энергией ионизации донора $E_{ид}$ 2. Шириной запрещенной зоны E_g
22	На рисунке приведено семейство зависимостей логарифма концентрации электронов от обратной температуры при	1. Концентрацией донорной примеси 2. Шириной запрещенной зоны E_g 3. Энергией ионизации донора $E_{ид}$



	<p>различных значениях концентрации доноров N_d. Чем определяется концентрация электронов области плато?</p> 	
23	<p>На рисунке приведено семейство зависимостей логарифма концентрации электронов от обратной температуры при различных значениях концентрации доноров: $N_d < N_d' < N_d'' < N_d'''$. Почему с увеличением концентрации изменяется наклон зависимости $\ln n - 1/T$ на участках 1, 2, 3 и 4?</p> 	<ol style="list-style-type: none">1. Потому что уменьшается энергия ионизации донора $E_{ид}$2. Потому понижается энергия дна зоны проводимости E_c.3. Энергией ионизации донора $E_{ид}$
Раздел 2. Эмиссионная электроника. Физика электронных вакуумных ламп		
24	<p>Что в формуле Эйнштейна для фотоэффекта $h\nu = \frac{m_e v_m^2}{2} + \Phi$ подразумевается под максимальной скоростью v_m?</p>	<ol style="list-style-type: none">1. Это максимальная скорость электронов в распределении электронов по скоростям.2. Это скорость электрона, не испытавшего рассеяния
25	<p>Почему в металлах коэффициент вторичной электронной эмиссии значительно меньше, чем в полупроводниках.</p>	<ol style="list-style-type: none">1. Потому что в металлах первичные электроны проникают на большую по сравнению с полупроводниками глубину, благодаря чему при движении вторичных электронов к поверхности происходит большая потеря энергии.2. Потому что в металлах происходит рассеяние энергии вторичных электронов на электронах проводимости.



26	<p>Какому условию удовлетворяет максимум на зависимости коэффициента вторичной эмиссии σ от энергии первичных электронов eV?</p> 	<ol style="list-style-type: none">1. Энергия первичных электронов равна энергии вторичных электронов2. Увеличение числа вторичных электронов за счет увеличения глубины проникновения равно уменьшению числа вторичных электронов за счет потерь при рассеянии
27	<p>Из каких материалов изготавливают диоды в фотоэлектронных умножителях?</p>	<ol style="list-style-type: none">1. Из металлов2. Из примесных полупроводников3. Из диэлектриков
28	<p>Какие потенциальные кривые в вакуумном диоде соответствуют току насыщения на</p>  <p>ВАХ диода</p>	<ol style="list-style-type: none">1. №1, №22. №3, №43. №1, №2, №3,4. №2, №3, №45. №16. №2, №3
29	<p>Какие потенциальные кривые в вакуумном диоде соответствуют закону $3/2$ на ВАХ диода</p> 	<ol style="list-style-type: none">1. №1, №22. №3, №43. №1, №2, №3,4. №2, №3, №45. №16. №2, №3
30	<p>Что характеризует проницаемость сетки триода?</p>	<ol style="list-style-type: none">1. Степень проникновения электронов в пространство между сеткой и анодом2. Степень проникновения электрического поля анода в пространство между сеткой и катодом
31	<p>μ - статический коэффициент усиления, S - крутизна, R_i - внутреннее сопротивление триода. Записать внутреннее уравнение лампы</p>	<ol style="list-style-type: none">1. $\mu = S/R_i$2. $\mu = SR_i$3. $S = \mu R_i$
32	<p>Как связаны между собой статический</p>	<ol style="list-style-type: none">1. $\mu = \ln D$



	коэффициент усиления μ и проницаемость сетки триода D ?	2. $\mu = 1/D$ 3. $\mu = D^2$
Раздел 3. Электрический ток в газах		
33	R – скорость рекомбинации, n – число пар ионов и электронов, r – коэффициент рекомбинации частиц в газе. Как связаны между собой величины R , n и r ?	1. $R = r \cdot n$ 2. $R = r \cdot n^2$ 3. $r = Rn$
34	$\bar{\lambda}$ – средняя длина свободного пробега электрона в газе. Записать выражение для вероятности, того что фактическая длина свободного пробега электрона будет больше x .	1. $1 - e^{-\frac{x}{\bar{\lambda}}}$ 2. $e^{-\frac{x}{\bar{\lambda}}}$ 3. $e^{\frac{x}{\bar{\lambda}}}$ 4. $1 - e^{\frac{x}{\bar{\lambda}}}$
Раздел 4. Электронная оптика		
35	Как изменяют оптическую силу электронных одиночных линз?	1. Меняют геометрию крайних электродов 2. Меняют диаметр отверстия в центральном электроде (диафрагме) 3. Меняют напряжение на электродах
36	Что произойдет, если направление электронного луча, проходящего через бипотенциальную линзу, изменить на противоположное (поменять вход и выход)	1. Ничего не изменится 2. Линза превратится из увеличивающей в рассеивающую, или наоборот
37	Можно ли, не меняя конструкции, превратить электронную одиночную линзу из увеличивающей в рассеивающую	1. Можно 2. Нельзя
38	Почему в электронном микроскопе полезное увеличение не достигает теоретического предела в 150 – 200 млн?	1. Потому, что на электронные пушки нельзя подавать требующиеся для этого весьма высокие напряжения 2. Потому что электронные линзы обладают большой сферической аберрацией

Вопросы к экзамену:

1. Зоны разрешенных значений энергии в кристалле. Заполнение зон электронами и деление тел на металлы, диэлектрики и полупроводники.
2. Собственные полупроводники. Локальные уровни в запрещенной зоне.
3. Функция распределения в статистике Ферми-Дирака. Функция плотности состояний.
4. Концентрация электронов и дырок в полупроводниках.
5. Положение уровня Ферми и концентрация свободных носителей заряда в собственных полупроводниках.
6. Статистика электронов в примесных полупроводниках: донорный полупроводник.
7. Статистика электронов в примесных полупроводниках: акцепторный полупроводник.
- Закон действующих масс. Сильно легированные полупроводники. Компенсированные полупроводники.
8. Статистика электронов в металлах.
9. Поверхностный потенциальный барьер для электронов в металле.



10. Формула для плотности тока термоэлектронной эмиссии (формула Ричардсона-Дешмена).
11. Эффект Шоттки.
12. Автоэлектронная эмиссия.
13. Фотоэлектронная эмиссия: основные закономерности, процессы, квантовый выход.
14. Фотоэлектронная эмиссия из металлов, полупроводников и диэлектриков.
15. Вторичная электронная эмиссия. Фотоэлектронный умножитель.
16. Вакуумный диод: вольт-амперная характеристика, закон степени трех вторых, параметры диодов.
17. Трехэлектродные лампы: замена триода эквивалентным диодом, характеристики, параметры, внутреннее уравнение лампы, межэлектродные емкости.
18. Тетроды и пентоды.
19. Ионизация газов. Упругие и неупругие столкновения. Длина свободного пробега. Эффективное сечение взаимодействия. Скорости генерации и рекомбинации.
20. Несамостоятельный разряд в газе. Экспериментальное определение коэффициента рекомбинации. Распределение электронов по длинам свободного пробега.
21. Лавинный разряд. Явление усиления тока при наличии ионизирующих соударений.
22. Самостоятельный разряд: Лавинный разряд при объемной ионизации электронами и гамма-процессах на катоде.
23. Зажигание самостоятельного разряда. Развитие и установление самостоятельного разряда.
24. Напряжение зажигания самостоятельного разряда. Формы самостоятельного разряда.
25. Электронная оптика.
26. Движение электрона в однородном электрическом поле. Электростатическая электронная линза.
27. Линзы-диафрагмы, бипотенциальные и одиночные линзы. Магнитные линзы.
28. Устройство электронного микроскопа. Разрешающая сила и увеличение электронного микроскопа.
29. Электронная спектроскопия.
30. Физика поверхности.

4. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

4.1. Порядок проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация проводится в два этапа: в форме тестирования и в форме экзамена.

Первый этап промежуточной аттестации представляет собой тестирование, проводимое во время лекционных занятий.

Второй этап промежуточной аттестации представляет собой экзамен: ответы на вопросы экзаменационного билета.

4.2. Критерии оценивания промежуточной аттестации по видам оценочных средств

Максимальный балл за **посещение лекционных занятий** – 10.

На первом этапе промежуточной аттестации – тестировании студент отвечает на вопросы теста во время проведения лекционного занятия. Всего вопросов в тесте 38. Критерий оценивания теста: каждый правильный ответ – 1 балл. Максимальное количество



баллов – 38. Чтобы тест был зачтен, студент должен набрать минимум 20 баллов. Если тест не зачтен, то до второго этапа экзамена студент не допускается.

Оценка	Зачтено	Не зачтено
Баллы	38-20 баллов	19-0 баллов
Уровень освоения проверяемых компетенций	базовый	недостаточный

На втором этапе промежуточной аттестации – экзамене студент отвечает на вопросы экзаменационного билета. Экзаменационный билет содержит два теоретических вопроса. Время подготовки к ответу на вопросы билета – 60 минут. Во время подготовки можно использовать справочные материалы. Максимальный балл за ответы на вопросы билета – 90 баллов.

Критерии оценивания теоретических вопросов:

Характеристики ответа	Баллы	Уровень освоения проверяемых компетенций
Отвечил на оба вопроса билета, воспроизведя соответствующие математические выкладки и логические рассуждения, студент правильно обосновывает принятые решения. Возможны несущественные ошибки.	80-90	высокий
Студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, но при этом допускаются негрубые ошибки при выводе формул или отсутствие некоторых элементов вывода.	65-80	средний
Знает «теоретический минимум», т.е. отвечает на вопрос базового уровня и знает основные понятия, соотношения (без вывода), название и физический смысл величин по другим вопросам билета.	45-65	базовый
Не может ответить на вопрос базового уровня	0	недостаточный

Особенности проведения процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья обозначены в рабочей программе дисциплины (модуля).

4.3. Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций

При подведении итогов учитываются результаты текущей аттестации. Полученные за текущую аттестацию баллы суммируются с баллами, полученными за каждый этап при прохождении промежуточной аттестации.

Критерии оценивания экзамена:

0-65 баллов - неудовлетворительно (2);

65-90 баллов - удовлетворительно (3);

90-117 баллов - хорошо (4);

118-138 баллов - отлично (5).



1. Высокий уровень сформированности компетенций соответствует оценке «отлично»
2. Средний уровень соответствует оценке «хорошо»
3. Базовый уровень соответствует оценке «удовлетворительно»
4. Низкий уровень соответствует оценке «неудовлетворительно»

