Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра общей физики

Паспорт зачета

по дисциплине «Физика (специальный курс)», 3 семестр

1. **Структура зачета**
   Проводится в форме письменного тестирования с использованием электронной информационно-образовательной среда НГТУ (http:// www.nstu.ru/sveden/eos)
2. **Методика оценки**

Зачет проводится в письменной форме:

- выполнение тестовых заданий с использованием электронной информационно-образовательной среды НГТУ (http:// www.nstu.ru/sveden/eos). Тест состоит из 30 вопросов различного вида, варианты теста составляются из вопросов общего перечня (п. 5).

В ходе зачета преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 5).

Таким образом, проверяются результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными в программе индикаторами достижения компетенций

3. **Критерии оценки результатов обучения, соотнесенных с уровнями освоения индикаторов достижения компетенций**

1. Зачет считается сданным на **продвинутом** уровне, если студент правильно выполнил от 27 до 30 заданий теста, а также, знает определения всех понятий, продемонстрировал способность безошибочно устанавливать последовательность и соответствие между процессами и явлениями, выявлять проблемы, предлагать механизмы их решения, представляет количественные и качественные характеристики определенных процессов и не допускает ошибок при решении задач. Совокупность результатов обучения по дисциплине и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций не содержит пробелов. Установленные в программе компетенции сформированы в полном объеме. Оценка составляет *от 18 до 20 баллов.*

2. Зачет считается сданным на **базовом** уровне, если студент правильно выполнил от 21 до 26 заданий теста, а также знает определения основных понятий, продемонстрировал способность устанавливать последовательность и соответствие между процессами и явлениями, правильно характеризует процессы, явления, не допускает существенных ошибок при решении задач. Совокупность результатов обучения по дисциплине и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит несущественные пробелы. Установленные в программе компетенции сформированы на базовом уровне. Оценка составляет *от 15 до 17 баллов.*

3. Зачет считается сданным на **пороговом** уровне, если студент правильно ответил от 15 до 20 вопросов теста, знает определения основных понятий, продемонстрировал способность устанавливать последовательность и соответствие между процессами и явлениями, при решении задач допускает непринципиальные ошибки, например, вычислительные. Совокупность результатов обучения по дисциплине и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит пробелы. Установленные в программе компетенции сформированы на пороговом уровне. Оценка составляет *от 10 до 14 баллов.*

4. Зачет считается не сданным и результат промежуточной аттестации признается **неудовлетворительным**, если студент правильно ответил менее чем на половину вопросов теста, не знает определений понятий, не продемонстрировал способность устанавливать последовательность и соответствие между процессами и явлениями, при решении задач допускает принципиальные ошибки. Совокупность результатов обучения по дисциплине и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит существенные пробелы. Установленные в программе компетенции не сформированы. Оценка составляет *менее 10 баллов.*

4. Шкала оценки

Зачет считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета составляет от 10 до 20 баллов включительно. Сумма менее 10 баллов признается неудовлетворительным результатом промежуточной аттестации по дисциплине.

В общей оценке по дисциплине баллы за зачет учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, установленными в НГТУ.

5. Примерный тест для зачета

Утверждаю:
Зав. кафедрой ____ _____ ФИО
«____» _____ 20_ г.

Тест

по дисциплине «Физика (специальный курс)»[1]
Время выполнения 120 минут

Вопрос 1. В кристалле InSb (n-типа) концентрация электронов $N = 10^{18}$ см$^{-3}$. Предположим, что эффективная масса электрона равна $0.015m$ (здесь m – масса покоя электрона) и не зависит от величины энергии (т. е. зона проводимости имеет идеальную параболическую форму). Определить плазменную частоту. Концентрацию электронов можно считать постоянной. Диэлектрическая проницаемость решетки ε_L =16.

- ○ $1.15 \cdot 10^{14}$ с$^{-1}$ ✔
- ○ $3.30 \cdot 10^{14}$ с$^{-1}$
- ○ $1.15 \cdot 10^{11}$ с$^{-1}$
- ○ $2.15 \cdot 10^{14}$ с$^{-1}$

(один вариант)

Вопрос 2. В кристалле InSb (n-типа) концентрация электронов $N = 10^{18}$ см$^{-3}$. Предположим, что эффективная масса электрона равна $0.015m$ (здесь m – масса покоя электрона) и не зависит от величины энергии (т. е. зона проводимости имеет идеальную параболическую форму). Определить длину волны, при которой наблюдается минимум отражательной способности. Концентрацию электронов можно считать постоянной. Диэлектрическая проницаемость решетки ε_L =16.

- ○ 15.8 мкм ✔
- ○ 21.0 мкм
- ○ 7.4 мкм
- ○ 31.6 мкм

(один вариант)

Вопрос 3. Пусть свободные электроны под действием электромагнитной волны сместились на расстояние x перпендикулярно поверхности металлической пластины. В результате возникнут поверхностные заряды и соответствующая возвращающая сила, что приведет к возбуждению

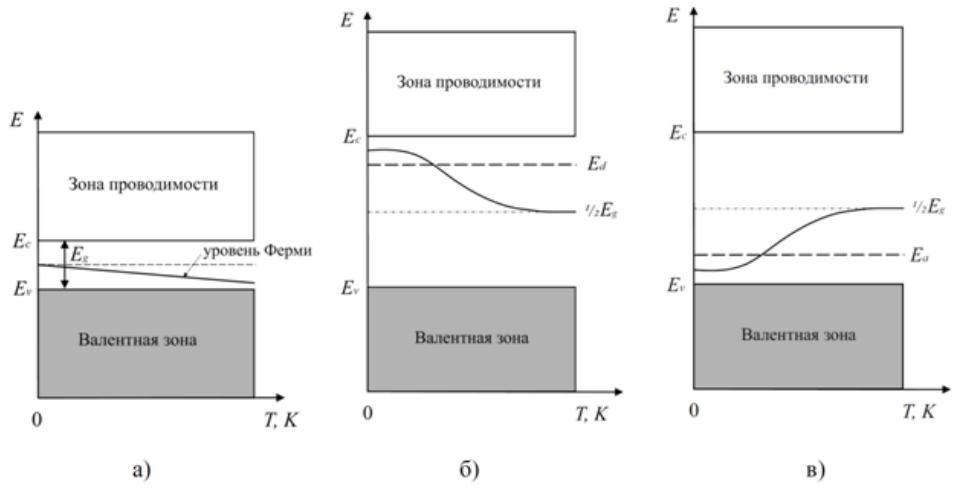
[1] Правильные ответы выделены знаком ✔

плазменных колебаний. Определить частоту ω_0 этих колебаний в меди, концентрация свободных электронов у которой $n = 8.5 \cdot 10^{22}$ см$^{-3}$.

- $\omega_0 = 1.6 \cdot 10^{16}$ с$^{-1}$ ✔
- $\omega_0 = 1.6 \cdot 10^{15}$ с$^{-1}$
- $\omega_0 = 3.2 \cdot 10^{16}$ с$^{-1}$
- $\omega_0 = 2.6 \cdot 10^{16}$ с$^{-1}$

(один вариант)

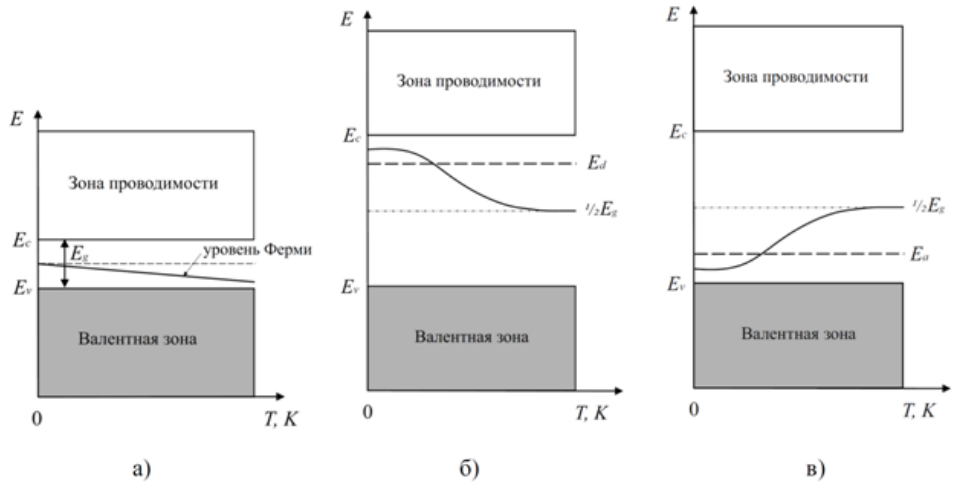
Вопрос 4. Выберите правильную зависимость от температуры расположения уровня Ферми в собственных полупроводниках.



- **а** ✔
- **б**
- **в**
- **Все ответы верные**

(один вариант)

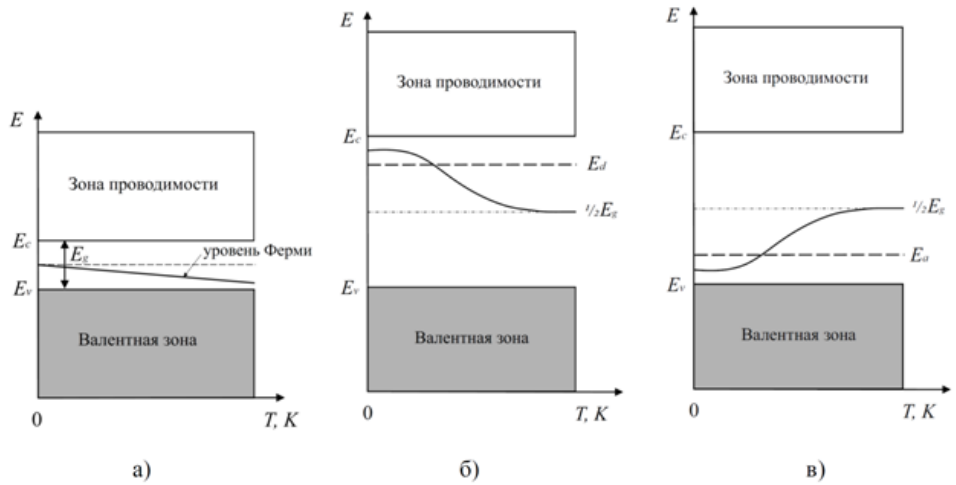
Вопрос 5. Выберите правильную зависимость от температуры расположения уровня Ферми в невырожденных примесных полупроводниках *p*-типа.



- **а**
- **б**
- **в** ✔

○ **Все ответы верные**
(один вариант)

Вопрос 6. Выберите правильную зависимость от температуры расположения уровня Ферми в невырожденных примесных полупроводниках *n*-типа.



○ **а**
○ **б** ✔
○ **в**
○ **Все ответы верные**
(один вариант)

Вопрос 7. Дайте определение уровня Ферми в металлах при температуре 0 К.
Ответ: Самый высокий энергетический уровень потенциальной ямы металла, занятый электронами при $T = 0$ К, называется уровнем Ферми. Энергия электрона, находящегося на этом уровне, называется энергией Ферми.

Вопрос 8. При каких условиях распределение Максвелла-Больцмана можно применять для описания распределения носителей заряда (электронов и дырок) по уровням энергии в полупроводниках?

Ответ: Если количество доступных состояний много больше количества электронов (дырок), то можно использовать распределение Максвелла-Больцмана.

Вопрос 9. Какие значения может принимать эффективная масса электрона в кристалле (электрон проводимости)?

Ответ: Эффективная масса электрона в кристалле может принимать любые значения.

Вопрос 10. При каком виде дисперсионной зависимости энергии электрона {\rm E} = {\rm E}\left({\vec k} \right) в зоне проводимости эффективная масса электрона не зависит от квазиимпульса {\vec k}.

Ответ: при параболическом виде дисперсионной зависимости энергии электрона.

Вопрос 11. Что такое циклотронный резонанс?

Ответ: Циклотронный резонанс – это резонансное поглощение электромагнитной энергии полупроводниками и металлами, помещёнными в постоянное магнитное поле, на частотах, равных или кратных циклотронной частоте носителей заряда (электронов и дырок).

Вопрос 12. Что такое продольный магнитооптический эффект Фарадея?

Ответ: Это магнитооптический эффект, который заключается в том, что при распространении линейно-поляризованного света через оптически неактивное вещество, находящееся в магнитном поле, наблюдается вращение плоскости поляризации.

Вопрос 13. При каких условиях распределение Ферми-Дирака можно применять для описания распределения носителей заряда (электронов и дырок) по уровням энергии в металлах и полупроводниках?

Ответ: Если количество доступных состояний одного порядка с количеством электронов (дырок), то можно использовать распределение Ферми-Дирака.

Вопрос 14. Какова средняя заселенность электронами уровня Ферми в металлах и полупроводниках?

Ответ: Средняя заселенность электронами уровня Ферми в металлах и полупроводниках равна 1.

Вопрос 15. Какие частицы называются фермионами? Приведите пример.

Ответ: Фермионами называются частицы с полуцелым спином. Например, электроны, протоны, нейтроны, мюоны, кварки, нейтрино (*можно привести любой пример фермионов*).

Вопрос 16. Что такое непрямозонные полупроводники?

Ответ: В непрямозонных полупроводниках электрон, находящийся вблизи дна зоны проводимости, имеет квазиимпульс отличный от квазиимпульса электрона, находящегося вблизи потолка валентной зоны. Поэтому межзонный переход возможен только при условии компенсации различия квазиимпульсов.

Вопрос 17. Почему непрямозонные полупроводники имеют низкую внутреннюю квантовую эффективность?

Ответ: В непрямозонных полупроводниках зонный переход возможен только при условии компенсации различия квазиимпульсов. Это может происходить, если при рекомбинации испускается фонон высокой энергии. В таком процессе удается устранить избыточный квазиимпульс, однако при этом поглощается и энергия рекомбинации до 0.5 эВ. Еще более серьезной оказывается необходимость одновременности этих двух событий (рождение фотона и фонона), что приводит к снижению вероятности такого рекомбинационного перехода. В результате безызлучательные процессы, в частности с участием уровней ловушек вблизи центра запрещенной зоны, преобладают в непрямозонных полупроводниках, а внутренняя квантовая эффективность оказывается низкой.

Вопрос 18. Приведите пример непрямозонных полупроводников.
Ответ: Например, кремний, германий и фосфид галлия.

Вопрос 19. Что такое «идеальное ковалентное стекло»?

Ответ: «Идеальное ковалентное стекло» определено как хаотическая сетка, не имеющая дальнего порядка, но с идеальным ближним порядком. Такое стекло не должно иметь структурных дефектов (типа пустот), и в нем должны удовлетворяться требования валентности для каждого атома, т. е. не должно быть оборванных связей. Вероятно, наилучшим приближением к такому идеалу служат аморфные пленки кремния или германия, приготовленные напылением в вакууме на холодную подложку.

Вопрос 20. Сохраняет ли какой-то смысл понятие «запрещенной зоны», особенно если разупорядочение настолько велико, что конечная величина плотности состояний $g(\varepsilon)$ имеется для всех энергий?
Ответ: Да, сохраняет. Все еще существует очень сильное возрастание оптического коэффициента поглощения, когда энергия падающих фотонов превосходит разность энергий соответствующих краям зон в кристаллическом материале (Ec - Ev) и допускает образование электронно-дырочных пар. Фотоны с меньшей энергией не создают подвижных пар

Вопрос 21. Что называют краями щели подвижности для аморфного полупроводника?
Ответ: Потолок валентной зоны и дно зоны проводимости.

Вопрос 22. Удельное сопротивление чистого беспримесного германия при комнатной температуре $\rho_0 = 50$ Ом·см. После включения источника света оно стало $\rho_1 = 40$ Ом·см, а через $t = 8.0$ мс, после выключения источника, $\rho_2 = 45$ Ом·см. Найти среднее время жизни электронов и

дырок.

Ответ: Запишем проводимость образца как сумму собственной проводимости и фотопроводимости. Учитывая зависимость фотопроводимости от среднего временижизни электронов и дырок получим, что среднее время жизни равно 10 мс.

Вопрос 23. Красная граница фотопроводимости чистого беспримесного германия при очень низких температурах соответствует длине волны λ_0=1.7 мкм. Вычислить температурный коэффициент сопротивления \frac{1}{R}\frac{{dR}}{{dT}} этого полупроводника при T=300 К.

Ответ: Учитывая связь температурного коэффициента сопротивления с проводимостью полупроводника и связь ширины запрещенной зоны с красной границей фотопроводимости получим, что температурный коэффициент сопротивления равен: –0,047 $К^{-1}$.

Вопрос 24. Найти минимальную энергию, необходимую для образования пары электрон - дырка в чистом теллуре при температуре 0 К, если известно, что его электропроводимость возрастает в 5.2 раза при увеличении температуры от T_1 = 300 К до T_2 = 400 К. Ответ дать в эВ.
Ответ: Учитывая, связь проводимости с температурой в чистом полупроводнике получим, что минимальная энергия, необходимая для образования пары электрон-дырка 0.34 эВ.

Вопрос 25. Какой физический смысл имеет квадрат модуля волновой функции?
Ответ: Квадрат модуля волновой функции равен плотности вероятности обнаружить частицу в данной точке пространства в данный момент времени.

Вопрос 26. Что позволяет получить стационарное уравнение Шредингера?

Ответ: Решением стационарного уравнения Шрёдингера является та часть волновой функции, которая зависит от координат.

Вопрос 27. Когда можно использовать для расчетов стационарное уравнение Шредингера?

Ответ: Можно использовать, если потенциальная энергия не зависит от времени.

Вопрос 28. Что такое «стандартные условия» для волновой функции?
Ответ: В соответствии с физическим смыслом волновой функции она должна быть однозначной, непрерывной и конечной (за исключением, может быть, особых точек). Кроме того, она должна иметь непрерывную и конечную производную.

Вопрос 29. Какие переходы между энергетическими уровнями являются запрещенными?
Ответ: Переходы между уровнями называются запрещенными переходами, если матричный элемент дипольного перехода равен нулю. Поэтому в некоторых веществах прямые переходы при k = 0 запрещены согласно квантовым правилам отбора (матричный элемент равен нулю), а при k не равном 0 вероятность перехода увеличивается пропорционально квадрату k.

Вопрос 30. Какие переходы между энергетическими уровнями являются разрешенными?
Ответ: Переходы между уровнями называются разрешенными переходами, если матричный элемент дипольного перехода не равен нулю. В этом случае прямые переходы при k = 0 разрешены согласно квантовым правилам отбора (матричный элемент не равен нулю).

Вопросы к зачету по дисциплине «Физика (специальный курс**)»**

1. Кристаллические решетки. Кристаллические структуры. Базис. Вектор трансляции.
2. Кристаллическая ячейка. Решетки Браве. Индексы Миллера.
3. Точечная симметрия кристалла. Неточечные элементы симметрии.
4. Пространственная группа
5. Дифракция рентгеновских лучей в кристаллах
6. Колебания кристаллических решеток
7. Теорема Блоха
8. Стационарное уравнение Шредингера
9. Теория квантовых переходов. Распределение Больцмана.
10. Положение уровня Ферми.
11. Тензор эффективных масс.
12. Применение уравнения Больцмана для расчета конкретных эффектов.
13. Прямые разрешенные и прямые запрещенные переходы.
14. Особенности поглощения света в не прямозонных материалах

15. Эффекты взаимодействия электрона и дырки при оптических переходах.
16. Эффект Холла
17. Понятие об экситоне
18. Теория поглощения света свободными носителями
19. Обзор оптических и электронных свойств неупорядоченных полупроводников.
20. Понятие о кинетическом уравнении. Время релаксации для различных механизмов рассеяния.
21. Поглощение света свободными носителями в магнитном поле. Распределение Ферми-Дирака.
22. Вычисление положения уровня Ферми.
23. Спектральная характеристика фоторезистора
24. Электрон-дырочный переход