Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физический факультет

УТВЕРЖДЕНО:
Декан физического факультета
С.Н. Филимонов

Оценочные материалы по дисциплине

Физика твердого тела

по направлению подготовки
03.03.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки:
Фундаментальная и прикладная физика

Форма обучения
Очная

Квалификация
Бакалавр

Год приема
2025

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОП
С.Н. Филимонов

Председатель УМК
О.М. Сюсина

Томск – 2025

1. Компетенции и индикаторы их достижения, проверяемые данными оценочными материалами

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

– ОПК-2 способность проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные.

– ПК-1 способность проводить научные исследования в выбранной области с использованием современных экспериментальных и теоретических методов, а также информационных технологий.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 2.2 Анализирует и интерпретирует экспериментальные и теоретические данные, полученные в ходе научного исследования, обобщает полученные результаты, формулирует научно обоснованные выводы по результатам исследования

ИПК 1.1 Собирает и анализирует научно-техническую информацию по теме исследования, обобщает научные данные в соответствии с задачами исследования.

2. Оценочные материалы текущего контроля и критерии оценивания

Элемент текущего контроля: контрольная работа.

Контрольная работа (ИОПК 2.2, ИПК 1.1)

Контрольная работа состоит из 4 теоретических вопросов.

Перечень теоретических вопросов:

1. Перечислите основные виды межатомного взаимодействия и назовите их характерные особенности.
2. Дайте определение модели твердых шаров, приведите примеры ее применения в физике твердого тела.
3. Сформулируйте критерий устойчивости ионного кристалла.
4. Дайте определение коэффициента упаковки кристалла.
5. Дайте определение первого координационного числа.
6. Что является геометрической интерпретацией симметричного тензора второго ранга? Запишите уравнение.
7. Запишите закон преобразования вектора при переходе в другую систему координат.
8. Запишите закон преобразования тензора второго ранга при переходе в другую систему координат.
9. Дайте определение напряжения в твердом теле.
10. Дайте определение деформации в твердом теле.
11. Сформулируйте принцип Неймана.
12. Чем обусловлено тепловое расширение твердых тел?
13. Запишите закон Гука для анизотропного твердого тела.
14. Дайте определение дисперсионного соотношения применительно к движению атомов в атомной цепочке.
15. Дайте определение фонона.

Ответы:

1. Ковалентное – направленное, насыщенное, количество связей равно количеству неспаренных электронов; Ионное – ненаправленное, ненасыщенное, большие координационные числа у ионных кристаллов. Металлическое – ненаправленное, ненасыщенное, большие координационные числа у металлических кристаллов. Ван-дер-Ваальсово – ненаправленное, ненасыщенное, большие координационные числа у Ван-дер-Ваальсовских кристаллов.
2. Модель твердых шаров – геометрическая модель, в которой атомы представляются как абсолютно твердые шары, соприкасающиеся друг с другом при заполнении

пространства. Модель применяется при расчете коэффициентов упаковки кристаллических решеток.

3. Ближайшие соседи иона – ионы противоположного знака. Структура будет устойчива до тех пор, пока два аниона не придут в контакт при изменении соотношения между радиусом катиона и радиусом аниона.
4. Доля объема, которая занята атомами в виде твердых шаров в элементарной кристаллической ячейке.
5. Число ближайших частиц (ионов или атомов) в молекуле или кристалле.
6. Поверхность второго порядка, описываемая уравнением $S_{ij}x_i x_j = 1$
7. $p'_i = a_{ij} p_j$
8. $T'_{ij} = a_{ik} a_{jl} T_{kl}$
9. Сила, действующая на поверхность элемента твердого тела со стороны других элементов, отнесенная к единичной площади поверхности.
10. Изменение объема или формы твердого тела без изменения его массы под действием внешней силы.
11. Симметрия физических свойств кристалла содержит элементы симметрии точечной группы кристалла.
12. Ангармоническим характером зависимости потенциальной энергии от расстояния между атомами.
13. $\sigma_{ij} = C_{ijkl} \varepsilon_{kl}$, $\varepsilon_{ij} = S_{ijkl} \sigma_{kl}$
14. Считая силы взаимодействия между атомами в цепочке квазиупругими и короткодействующими, решаем уравнения движения атомов в виде гармонической волны. Дисперсионное соотношение связывает длину волны или волновое число волны с частотой колебаний.
15. Квазичастица, соответствующая волне с частотой ω и волновым вектором k , квант энергии коллективного колебательного движения атомов твердого тела.

Критерий оценивания: за решение одного задания контрольной работы дается от 0 до 8 баллов.

3. Оценочные материалы итогового контроля (промежуточной аттестации) и критерии оценивания

Экзамен в пятом семестре проводится в письменной форме по билетам. Время для подготовки письменного ответа – 30 минут. Продолжительность устного ответа на вопросы билета – 30 минут.

Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

Список вопросов, выносимых на экзамен.

1. Классификация твердых тел по типу связей.
2. Механизм возникновения различных типов взаимодействия.
3. Связь кристаллической структуры идеальных кристаллов с типом взаимодействия.
4. Модели расчета энергии кристаллов с различным типом взаимодействия.
5. Коэффициент упаковки и междоузлия в кристаллах.
6. Тензорное описание физических свойств кристаллов.
7. Геометрическая интерпретация симметричного тензора 2-го ранга.
8. Главные оси и главные значения симметричного тензора 2-го ранга.
9. Тензорное описание деформации и напряженного состояния в точке твердого тела.
10. Закон Гука для изотропных и анизотропных твердых тел.
11. Собственная симметрия тензоров упругости.
12. Закон Гука в матричных обозначениях.
13. Влияние симметрии кристалла на число независимых компонент тензоров упругости.

14. Связь между компонентами тензоров податливости и жесткости.
15. Физический смысл компонент тензоров податливости.
16. Технические характеристики упругости и их связь с константами общей теории упругости.
17. Методология теоретического исследования зависимости модуля Юнга от направления.
18. Одномерные колебания однородной струны.
19. Упругие волны в монокристаллах кубической сингонии.
20. Связь скорости распространения упругой волны с константами упругости.
21. Колебания одномерной цепочки с 1-м атомом на ячейку.
22. Граничные условия для одномерной цепочки с 1-м атомом на ячейку.
23. Колебания одномерной решетки с 2-мя атомами на ячейку.
24. Смещения атомов в акустической и оптической ветвях колебаний.
25. Колебания атомов трехмерного кристалла.
26. Квантовая теория гармонического кристалла. Фононы.
27. Тепловое возбуждение фононов.
28. Закон Дюлонга и Пти.
29. Теплоемкость в квантовой теории твердого тела.
30. Теплоемкость решетки при высоких и низких температурах.
31. Модели теплоемкости Эйнштейна и Дебая. Теплоемкость в модели Дебая.
32. Вклад свободных электронов в теплоемкость металлов.
33. Тепловое расширение твердых тел.
34. Теплопроводность твердых тел

В курсе используется балльно-рейтинговая система оценки знаний. Максимальная сумма баллов по дисциплине составляет 100 баллов и формируется следующим образом: 60 баллов по результатам текущей аттестации и 40 баллов по результатам промежуточной аттестации (экзамен).

Итоговая оценка по дисциплине складывается из суммы баллов, полученных по итогам текущего контроля и промежуточной аттестации. Текущая аттестация включает:

- посещаемость – максимально 8 баллов,
- результаты работы на семинарских занятиях – максимально 20 баллов,
- результаты решения контрольной работы – максимально 32 балла.

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена. Дифференцированное оценивание ответа на экзамене – максимально 40 баллов. Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Экзаменационная оценка определяется согласно принятому соответствию с 5-ти балльной шкалой оценивания: 100-86 – «отлично»; 85-66 – «хорошо»; 65-50 – «удовлетворительно», менее 50 – «неудовлетворительно».

Экзаменационный билет включает 2 вопроса из списка вопросов по курсу (приведен выше), относящихся к различным разделам дисциплины, проверяющих сформированность компетенции ПК-1 в соответствии с индикатором ИПК-1.1 и компетенции ОПК-2 в соответствии с индикатором ИОПК 2.2. Ответы даются в устной форме с использованием подготовленных на экзамене письменных материалов.

Для оценки уровня усвоения всей программы задаются дополнительные и/или уточняющие вопросы по всем разделам курса. Ответ должен содержать определение терминов, используемых в курсе, или запись основных законов и равенств.

4. Оценочные материалы для проверки остаточных знаний (сформированности компетенций)

Тест

1. Какие из нижеперечисленных видов межатомного взаимодействия ненаправлены и ненасыщены? (ИОПК 2.2):

- а) Ковалентное
 - б) Ионное
 - в) Металлическое
 - г) Ван-дер-Ваальсово
2. Выберите правильный вариант матричной записи компоненты тензора S_{1212} . (ИОПК 2.2):
- а) S_{12}
 - б) S_{22}
 - в) S_{44}
 - г) S_{66}
3. Расположите следующие кристаллические решетки в порядке возрастания числа ближайших соседей у атомов (ИПК 1.1):
- а) Простая кубическая
 - б) Объемно-центрированная кубическая
 - в) Гранецентрированная кубическая
 - г) Примитивная тетрагональная
4. Выберите компоненты, которые совпадают по значению с компонентой тензора упругой податливости S_{1213} (ИОПК 2.2):
- а) S_{1121}
 - б) S_{2113}
 - в) S_{1312}
 - г) S_{3211}
5. Какое из нижеперечисленных видов межатомного взаимодействия наиболее сильное? (ИПК 1.1)
- а) Ковалентное
 - б) Ионное
 - в) Металлическое
 - г) Ван-дер-Ваальсово
6. Расположите следующие кристаллические решетки в порядке возрастания коэффициента упаковки (ИПК 1.1):
- а) Простая кубическая
 - б) Гексагональная
 - в) Объемно-центрированная кубическая
 - г) Примитивная тетрагональная
7. Выберите правильную запись закона Видемана-Франца (ИОПК 2.2):
- а) $\frac{K}{\sigma} = LT$
 - б) $\frac{\sigma}{K} = LT$
 - в) $\frac{L}{\sigma} = KT$

Ключи: 1: б), в), г); 2: г); 3: г), а), б), в); 4: б), в); 5: а); 6: г), а), в) б); 7: а)

Информация о разработчиках

Осипов Денис Андреевич, кандидат физико-математических наук, кафедра физики металлов физического факультета ТГУ, доцент.