


**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Тверской государственный университет»**

ПРИНЯТО:

ученым советом
университета протокол № 8
от «29» марта 2023 г.

УТВЕЖДАЮ:


Врио ректора С.Н. Смирнов
«29» марта 2023 г.



**ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

1.3.8. Физика конденсированного состояния

Тверь, 2023

Вопросы для подготовки к кандидатскому экзамену

ЧАСТЬ I

1. Силы связи в твердых телах

- 1.1 Электронная структура атомов.
- 1.2 Химическая связь и валентность. Гибридизация атомных орбиталей в молекулах и кристаллах.
- 1.3 Типы сил связи в конденсированном состоянии: ван-дер-ваальсова связь, ионная связь, ковалентная связь, металлическая связь.

2. Фазовые переходы

- 2.1 Классификация фазовых переходов. Структурные фазовые переходы
- 2.2 Феноменологическая теория фазовых переходов Ландау. Параметр порядка.

3. Симметрия твердых тел

- 3.1 Кристаллы: трансляционная инвариантность; базис и кристаллическая структура; элементарная ячейка; ячейка Вигнера – Зейтца.
- 3.2 Обозначения узлов, направлений и плоскостей в кристалле. Типы проекций.
- 3.3 Элементы симметрии точечных групп кристаллов: плоскость симметрии, центр симметрии, поворотные оси, инверсионно-поворотные оси.
- 3.4 Сочетание точечных элементов симметрии кристаллов, точечные группы симметрии.
- 3.5 Кристаллическое пространство. Правила выбора элементарной ячейки. Решетка Бравэ.
- 3.6 Элементы симметрии пространственных решеток. Пространственные группы симметрии кристаллов.
- 3.7 Обратная решетка, ее свойства. Зона Бриллюэна.

4. Дефекты в твердых телах

- 4.1 Точечные дефекты, их образование и диффузия. Вакансии и межузельные атомы. Дефекты Френкеля и Шоттки.
- 4.2 Линейные дефекты. Краевые и винтовые дислокации. Роль дислокаций в пластической деформации.

5. Дифракция в кристаллах

- 5.1 Дифракция рентгеновских лучей, нейтронов и электронов в кристалле.
- 5.2 Упругое и неупругое рассеяние, их особенности.
- 5.3 Брэгговские отражения. Атомный и структурный факторы. Дифракция в аморфных веществах.

6. Колебания решетки

- 6.1 Уравнения движения атомов: простая одномерная цепочка атомов. Закон дисперсии. Фазовая и групповая скорости.
- 6.2 Уравнения движения атомов: сложная одномерная цепочка атомов. Закон дисперсии. Фазовая и групповая скорости.
- 6.3 Колебания кристаллической решетки. Квантование колебаний. Фононы.

ЧАСТЬ II

7. Тепловые свойства твердых тел

- 7.1 Классическая теория теплоемкости. Границы справедливости классической теории.
- 7.2 Квантовая теория теплоемкости по Эйнштейну. Предельные случаи высоких и низких температур. Характеристическая температура Эйнштейна.
- 7.3 Квантовая теория теплоемкости по Дебаю. Предельные случаи высоких и низких температур. Температура Дебая.
- 7.4 Решеточная и электронная теплоемкость металлов. Температурная зависимость электронной теплоемкости.
- 7.5 Тепловое расширение твердых тел. Его физическое происхождение.
- 7.6 Решеточная теплопроводность твердых тел.
- 7.7 Теплопроводность металлов. Вклад электронов проводимости. Закон Видемана – Франца. Число Лоренца в рамках классического и квантово-механического подходов.

8. Электронные свойства твердых тел

- 8.1 Электронные свойства твердых тел (основные экспериментальные факты): проводимость; эффект Холла; термоЭДС; оптическое поглощение; фотопроводимость.
- 8.2 Энергетические зоны. Основные приближения зонной теории.
- 8.3 Закон дисперсии. Тензор обратных эффективных масс.
- 8.4 Граничные условия Борна – Кармана. Теорема Блоха. Блоховские функции. Квазиимпульс. Зоны Бриллюэна.
- 8.5 Брэгговское отражение электронов при движении по кристаллу. Полосатый спектр энергии.
- 8.6 Статистика носителей заряда. Плотность энергетических состояний. Поверхность Ферми.
- 8.7 Классификация диэлектриков. Основные процессы, протекающие в твердых телах под действием электрического поля. Тепловая, ионная и ориентационная поляризации.

9. Магнитные свойства твердых тел

- 9.1 Намагниченность и восприимчивость. Диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. Законы Кюри и Кюри – Вейсса. Парамагнетизм и диамагнетизм электронов проводимости.
- 9.2 Природа ферромагнетизма. Фазовый переход в ферромагнитное состояние. Роль обменного взаимодействия. Точка Кюри и восприимчивость ферромагнетика.
- 9.3 Ферромагнитные домены. Причины появления доменов. Доменные границы (Блоха, Нееля).
- 9.4 Антиферромагнетики. Магнитная структура. Точка Нееля. Восприимчивость антиферромагнетиков. Ферримагнетики. Магнитная структура ферримагнетиков.
- 9.5 Спиновые волны, магноны.
- 9.6 Движение магнитного момента в постоянном и переменном магнитных полях. Электронный парамагнитный резонанс. Ядерный магнитный резонанс.

10. Оптические свойства твердых тел

- 10.1 Комплексная диэлектрическая проницаемость и оптические постоянные. Коэффициенты поглощения и отражения. Соотношения Крамерса—Кронига.
- 10.2 Поглощения света в полупроводниках (межзонное, примесное поглощение, поглощение свободными носителями, решеткой). Определение основных характеристик полупроводника из оптических исследований.
- 10.3 Электрооптические эффекты (эффекты Погкельса и Керра).
- 10.4 Магнитооптические эффекты (эффекты Фарадея, Коттона – Мутона (Фохта) и Керра).

11. Сверхпроводимость

- 11.1 Сверхпроводимость. Критическая температура. Низкотемпературные и высокотемпературные сверхпроводники. Критическое магнитное поле и критический электрический ток. Особенности перехода в сверхпроводящее состояние.
- 11.2 Эффект Мейснера. Магнитные свойства сверхпроводников. Глубина проникновения магнитного поля в образец. Сверхпроводники первого и второго рода. Вихри Абрикосова.
- 11.3 Понятие слабой связи. Стационарный и нестационарный эффекты Джозефсона.
- 11.4 Куперовское спаривание. Длина когерентности. Энергетическая щель.

Основная литература

1. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М.: Наука, 1978.
2. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела. Т. I, II. М.: Мир, 1979.
3. Уэрт Ч., Томсон Р. Физика твердого тела. М.: Мир, 1969.
4. Займан Дж. Принципы теории твердого тела. М.: Мир, 1974.
5. Шаскольская М.П. Кристаллография. М: Высшая школа, 1984.
6. Сиротин Ю.И., Шаскольская М.П. Основы кристаллофизики. М.: Наука. 1979. 680 с.
7. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. М.: Высш. шк., 2000.
8. Вонсовский С.В. Магнетизм. М.: Наука, 1971.
9. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников. М.: Наука, 1979.
10. Шмидт В.В. Введение в физику сверхпроводимости. МЦ НМО, М., 2000.
11. Поплавко Ю.М. Физика диэлектриков. Киев: «Вища школа», 1980. 400 с.
12. Шалимова Клавдия Васильевна. Физика полупроводников : учебник / Шалимова К. В. - Изд. 4-е, стер. - Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2010. – 390 с.
- 13.2) Программное обеспечение
- 14.- Adobe Reader XI
- 15.- Debut Video Capture
- 16.- 7-Zip
- 17.- iTALC
- 18.- Google Chrome
- 19.- и др.

3) Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

(Доступ с компьютеров сети ТвГУ)

1. ЭБС «ZNANIUM.COM» www.znanium.com;
2. ЭБС «ЮРАИТ» www.biblio-online.ru;
3. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <https://biblioclub.ru/> ;
4. ЭБС IPRbooks <http://www.iprbookshop.ru/>;
5. ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com>;
6. ЭБС BOOK.ru <https://www.book.ru/>
7. ЭБС ТвГУ <http://megapro.tversu.ru/megapro/Web>
8. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (подписка на журналы) https://elibrary.ru/projects/subscription/rus_titles_open.asp? ;
9. Репозиторий ТвГУ <http://eprints.tversu.ru>,
10. Wiley Online Library <https://onlinelibrary.wiley.com/>
11. Журналы American Institute of Physics (AIP) <http://aip.scitation.org/> ;
12. Журналы American Chemical Society (ACS) <https://www.acs.org/content/acs/en.html>;
13. Журналы American Physical Society (APS) <https://journals.aps.org/about>
14. Журналы издательства Taylor&Francis <http://tandfonline.com/> ;
15. Патентная база компании QUESTEL- ORBIT <https://www.orbit.com/> ;
16. БД Scopus <https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic>
17. БД Web of Science http://apps.webofknowledge.com/WOS_GeneralSearch_input.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&SID=F5lxbbgjnOdTHHnpOs&preferencesSaved=
18. Электронная коллекция книг Оксфордского Российского фонда <https://ebookcentral.proquest.com/lib/tverstate/home.action>
19. Ресурсы издательства Springer Nature <http://link.springer.com/> ;
20. Архивы журналов издательства Oxford University Press <http://archive.neicon.ru/xmlui/> ,
21. Архивы журналов издательства Sage Publication <http://archive.neicon.ru/xmlui/> ,
22. Архивы журналов издательства The Institute of Physics <http://archive.neicon.ru/xmlui/>,
23. Архивы журналов издательства Nature <http://archive.neicon.ru/xmlui/>,
24. Архивы журналов издательства Annual Reviews <http://archive.neicon.ru/xmlui/> .
25. Polpred.com Обзор СМИ <http://www.polpred.com/>
26. СПС КонсультантПлюс (в сети ТвГУ);
27. ИПС «Законодательство России» <http://pravo.fso.gov.ru/ips.html>
28. Сводные каталоги фондов российских библиотек АРБИКОН, МАРС <http://arbicon.ru/>; КОРБИС <http://corbis.tverlib.ru/catalog/> , АС РСК по НТЛ http://library.gpntb.ru/cgi/irbis64r/62/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBN=RSK&P21,DBN=RSK&S21FMT=&S21ALL=&Z21ID=; ЭКБСОН <http://www.vlibrary.ru>
- 4) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины
 - 1) журнал «Физика твердого тела» <http://journals.ioffe.ru/journals/1>
 - 2) <http://physics.info/dielectrics/>
 - 3) свойства материалов <http://materials.springer.com/>