


**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**

1.3.12 Физика магнитных явлений

Тверь, 2023

Вопросы для подготовки к кандидатскому экзамену:

### **1. Общие понятия**

Магнетизм. Магнитное поле. Магнитный момент. Векторы магнитной индукции, намагниченности, напряженности магнитного поля. Магнитный поток. Магнитный заряд. Магнитный диполь.

### **2. Магнитные структуры и типы магнетиков**

Упорядоченные магнитные структуры. Магнитная структура. Магнитная подрешетка. Ферромагнитная структура. Антиферромагнитная структура. Ферримагнитная структура. Слабый ферромагнетизм. Спиральная магнитная структура. Магнитная нейтронография.

Неупорядоченные магнитные структуры. Спиновое стекло.

### **3. Магнитные взаимодействия**

Обменное взаимодействие и его энергия. Косвенное обменное взаимодействие. Спин-орбитальное взаимодействие. Магнитное дипольное взаимодействие. Сверхтонкое взаимодействие.

### **4. Магнитная анизотропия**

Энергия магнитной анизотропии. Константы магнитной анизотропии.

Эффективное магнитное поле анизотропии. Оси магнитной анизотропии. Плоскости легкого и трудного намагничивания. Магнитная анизотропии типа "легкая ось", "легкая плоскость", "легкий конус". Наведенная магнитная анизотропия.

### **5. Магнитоупругие явления**

Магнитострикция. Магнитоупругая энергия. Магнитоупругие постоянные. Константы магнитострикции. Магнитоупругие волны. Магнитоупругое затухание.

### **6. Кинетические явления**

Гальваномагнитные эффекты. Эффекты Холла. Магниторезистивные эффекты. Гальванотермомагнитные эффекты. Термомагнитные эффекты.

### **7. Домены и доменные границы**

Магнитный домен. Доменная граница (Блоха, Нееля). Доменная структура. Полосовая и лабиринтная доменные структуры. Цилиндрический магнитный домен. Решетка ЦМД.

### **8. Процессы намагничивания, перемагничивания и размагничивания**

Внешнее магнитное поле. Намагничивание. Гистерезис намагничивания. Эффект Баркгаузена. Магнитное насыщение. Подвижность и эффективная масса доменной границы. Перемагничивание. Коэрцитивная сила. Петля магнитного гистерезиса. Магнитные восприимчивость и проницаемость. Размагничивание переменным полем, нагревом. Размагничивающее и внутреннее магнитное поле.

### **9. Магнитные фазовые переходы и критические явления**

Фазовый переход. Переходы первого и второго рода. Диаграмма состояний. Критическая температура. Температура Кюри. Температура Нееля.

## **10. Спиновые волны**

Ферромагнитный резонанс. Магнитостатические моды. Спиновые волны. Спинволновой резонанс.

## **11. Магнитооптика**

Магнитооптические эффекты: эффект Фарадея, эффект Коттона-Мутона, Эффект Керра. Фотомагнитные эффекты. Гирромагнитная среда.

## **12. Характеристики магнитных материалов**

Магнитно-мягкий материал. Магнитно-твердый материал. Магнитный материал с прямоугольной петлей гистерезиса. Сверхвысокочастотный магнитный материал.

Магнитный материал для постоянных магнитов. Магнитный материал для носителей записи. Материал с цилиндрическими магнитными доменами.

Магнитострикционный материал. Материал для термомагнитной записи информации. Текстурированный магнитный материал.

Магнитокалорический материал.

## **13. Магнитные материалы**

Феррит-гранат. Феррит-шпинель. Ортоферрит. Гексаферрит. Пермаллой. Интерметаллические соединения 3d- и 4f-металлов.

## **14. Наноструктурные магнитные материалы**

Влияние размерного фактора на магнитные характеристики. Модель Герцера. Многослойные магнитные структуры. Эффекты обменного смещения, гигантского магнитосопротивления, гигантского магнитоимпеданса.

## **15. Параметры магнитных материалов**

Магнитные потери. Магнитные потери на гистерезис. Магнитные потери на вихревые токи. Магнитное сопротивление. Время и скорость перемагничивания. Коэффициент прямоугольности петли магнитного гистерезиса.

### **Направления исследований:**

1. Изучение природы магнетизма редкоземельных соединений и влияния структурного состояния на их магнитные характеристики.
2. Анализ процессов перемагничивания и механизмов магнитного гистерезиса магнитных материалов; исследование условий формирования высококоэрцитивного состояния.
3. Экспериментальное изучение и микромагнитный анализ магнитной доменной структуры материалов с различными типами магнитокристаллической анизотропии в широком диапазоне магнитных полей и температур, в том числе в области спин-переориентационных фазовых переходов.
4. Изучение магнитотепловых, магнитострикционных, магнитоупругих и транспортных свойств интерметаллических соединений в области фазовых переходов.
5. Разработка теоретических моделей, объясняющих взаимосвязь магнитных свойств веществ с их электронной и атомной структурой,

природу их магнитного состояния, характер атомной и доменной магнитных структур, изменение магнитного состояния и магнитных свойств под влиянием различных внешних воздействий.

6. Моделирование свойств и физических явлений в материалах с различными механизмами магнитного гистерезиса.
7. Разработка новых физических принципов использования функциональных магнитных материалов с различными видами магнитного упорядочения и структурного состояния.

### Рекомендуемая литература:

а) основная литература:

1. Боровик Е. С. Лекции по магнетизму / Е. С. Боровик, В. В. Еременко, А. С. Мильнер. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 510 с. - [Электронный ресурс].  
– Режим доступа:  
<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=75475>
2. Физические свойства материалов : учебное пособие / В. И. Грызунов, Т. И. Грызунова, О. А. Клецова и др. - 2-е изд., стер. - Москва : Флинта, 2015. - 248 с. : схем., табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-9765-2404-0 ; [Электронный ресурс]. – Режим доступа:  
<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=461082>
3. Электричество и магнетизм: учебное пособие / Ш. А. Пиралишвили [и др.]. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 160 с. — [Электронный ресурс].- Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/91880>
4. Пастушенков Ю.Г., Пастушенков А.Г. Постоянные магниты. Ч.1. Учебн. пособие. Тверь. 2015. 219 с.
5. Пастушенков Ю.Г. Магнитная доменная структура. Количественный анализ микромагнитных параметров. Тверь. 2007. 197 с.

б) дополнительная литература

- 6 Пацева Ю. В. Электромагнетизм : лекции по физике / Ю. В. Пацева. - Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2015. - 124 с. : ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-4475-4031-9 ; [Электронный ресурс]. – Режим доступа:  
<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=298188>
- 7 Музычка А. Ю. Механика и электромагнетизм: тексты лекций по общей физике : лекции / А. Ю. Музычка. - Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2015. - 280 с. : ил. - (Высшая школа). - ISBN 978-5-4458-9569-5 ; [Электронный ресурс]. – Режим доступа:  
<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=256579>
- 8 Дубровский В. Г. Электричество и магнетизм: сборник задач и примеры их решения : учебное пособие / В. Г. Дубровский, Г. В. Харламов. - Новосибирск : НГТУ, 2011. - 92 с. - ISBN 978-5-7782-1600-6 ; [Электронный ресурс]. – Режим доступа:  
<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228733>

## 2) Программное обеспечение

- Adobe Reader XI
- Debut Video Capture
- 7-Zip
- iTALC
- Google Chrome
- и др.

## 3) Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

*(Доступ с компьютеров сети ТвГУ)*

1. ЭБС «ZNANIUM.COM» [www.znanium.com](http://www.znanium.com);
2. ЭБС «ЮРАИТ» [www.biblio-online.ru](http://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?](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=F51xbbgjnjnOdTHHnpOs&preferencesSaved=](http://apps.webofknowledge.com/WOS_GeneralSearch_input.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&SID=F51xbbgjnjnOdTHHnpOs&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=](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/>