

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования\_  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Высшая школа общей и прикладной физики

---

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 10 от 02.12.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Физика магнитных явлений

---

Уровень высшего образования

Магистратура

---

Направление подготовки / специальность

03.04.02 - Физика

---

Направленность образовательной программы

Общая и прикладная физика

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.02 Физика магнитных явлений относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

| Формируемые компетенции<br>(код, содержание компетенции)  | Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции   |  | Наименование оценочного средства   |   |
|---|---|--|------------------------------------|---|
|   | Индикатор достижения компетенции<br>(код, содержание индикатора)  | Результаты обучения по дисциплине  | Для текущего контроля успеваемости | Для промежуточной аттестации              |
| ПК-2: Способен самостоятельно анализировать, не предвзято оценивать и ориентироваться в передовых теоретических концепциях и достижениях современной физики                                 | ПК-2.1: Демонстрация способности самостоятельно анализировать, не предвзято оценивать и ориентироваться в передовых теоретических концепциях и достижениях современной физики                                 | ПК-2.1:<br>Знать новейшие достижения физики твердотельного магнетизма и современные проблемы физики твердотельного магнетизма;<br>Уметь использовать новейшие достижения современной физики твердотельного магнетизма в теоретической и экспериментальной научно-исследовательской работе;<br>Владеть передовыми современными методами решения практических задач твердотельного магнетизма. | Задачи                             | Экзамен:<br>Задачи<br>Контрольные вопросы |
| ПК-3: Способен свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной и проектной деятельности | ПК-3.1: Демонстрация способности свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной и проектной деятельности | ПК-3.1:<br>Знать новейшие достижения физики твердотельного магнетизма<br>Уметь использовать новейшие достижения современной физики твердотельного магнетизма в теоретической и экспериментальной научно-исследовательской работе;<br>Владеть передовыми современными методами решения практических задач твердотельного магнетизма.  | Задачи                             | Экзамен:<br>Задачи<br>Контрольные вопросы |

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

|  | очная         |
|--|---------------|
| Общая трудоемкость, з.е.   | 3             |
| Часов по учебному плану  | 108           |
| в том числе  |               |
| аудиторные занятия (контактная работа):                                  |               |
| - занятия лекционного типа   | 32            |
| - занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы) | 16            |
| - КСР  | 2             |
| самостоятельная работа   | 22            |
| Промежуточная аттестация   | 36<br>Экзамен |

#### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

| Наименование разделов и тем дисциплины  | Всего (часы) | в том числе  |  |             |   |
|---|--------------|--|--|-------------|---|
|   |              | Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них |  |             | Самостоятельная работа обучающегося, часы |
|   |              | Занятия лекционного типа   | Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы | Всего       |   |
|   | 0<br>ф<br>0  | 0<br>ф<br>0  | 0<br>ф<br>0  | 0<br>ф<br>0 | 0<br>ф<br>0                               |
| Тема 1 Релятивистские и обменные взаимодействия в многоэлектронной системе. Магнитные свойства отдельных атомов и ионов | 10           | 4  | 4  | 8           | 2   |
| Тема 2 Магнитный порядок в кристаллах металлов диэлектриков и полупроводников   | 12           | 4  | 4  | 8           | 4   |
| Тема 3. Энергия магнитоупорядоченного кристалла   | 12           | 6  | 2  | 8           | 4   |
| Тема 4. Доменная структура магнитоупорядоченного кристалла. Малые феррочастицы  | 12           | 6  | 2  | 8           | 4   |
| Тема 5. Магнитная мезоскопика. Магнитное квантовое туннелирование   | 12           | 6  | 2  | 8           | 4   |
| Тема 6. Магнитоупорядоченный кристалл в переменных электромагнитных полях. Гиротропия ферромагнетиков                   | 12           | 6  | 2  | 8           | 4   |
| Аттестация  | 36           |  |  |             |   |
| КСР   | 2            |  |  |             | 2   |
| Итого   | 108          | 32   | 16   | 50          | 22  |

#### Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1 Релятивистские и обменные взаимодействия в многоэлектронной системе. Магнитные свойства отдельных атомов и ионов

Тема 2 Магнитный порядок в кристаллах металлов диэлектриков и полупроводников  
Тема 3. Энергия магнитоупорядоченного кристалла  
Тема 4. Доменная структура магнитоупорядоченного кристалла. Малые феррочастицы  
Тема 5. Магнитная мезоскопия. Магнитное квантовое туннелирование  
Тема 6. Магнитоупорядоченный кристалл в переменных электромагнитных полях. Гиротропия ферромагнетиков

#### **4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

а) основная литература:

- 1) Л.Д. Ландау и Е.М. Лифшиц. Теоретическая физика: Учеб. пособ.: Для вузов. В 10 т. Т. III. Квантовая механика (нерелятивистская теория).. М., Физматлит 2002.-808 с. — Режим доступа: ЭБС «Консультант студента» <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922100572.html>
- 2) Р. Уайт. Квантовая теория магнетизма. М., Мир 1972,1985. -306 с. -4 экз.
- 3) А.И .Ахиезер, В.Г. Барьяхтар, С.В. Пелетминский. Спиновые волны. М., Наука 1967. - 338 с. -5 экз.
- 4) С.В. Вонсовский. Магнетизм. М., Наука 1971.-1032 с. -23 экз.

б) дополнительная литература:

- 1) Г.С. Кринчик. Физика магнитных явлений. Изд-во МГУ 1985.-336 с. -4 экз.
- 2) Дж. С্মарт. Эффективное поле в теории магнетизма. М., Мир 1968.- 271 с. -3 экз.
- 3) С.В. Вонсовский. Магнетизм микрочастиц М., Наука 1973. -279 с. -3 экз.
- 4) У.Ф. Браун. Микромагнетизм. М., Наука 1979. -159 с. -2 экз.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины)

- 1) Journal of Magnetism and Magnetic Materials  
<http://www.journals.elsevier.com/journal-of-magnetism-and-magnetic-materials/>

#### **5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

**5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:**

**5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-2:**

Решите задачи. Запишите решение и ответ.

1. Спиновое состояние частицы со спином  $\frac{1}{2}$  описывается спинором  $\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$ .  
Чему равно квантовомеханическое среднее значение проекции спина на направление, задаваемое направляющими косинусами  $\cos \alpha, \cos \beta, \cos \gamma$ ?

Ответ:

2. Спиновое состояние частицы со спином  $\frac{1}{2}$  описывается спинором  $\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$ .  
То есть, вероятность того, что проекция спина на ось  $Z$  равна  $\frac{1}{2}$ , составляет 100%. Какова вероятность обнаружения проекции спина  $\frac{1}{2}$  на ось  $X$ .

Ответ:

3. Возможно ли такое состояние частицы со спином  $\frac{1}{2}$  чтобы величины квадратов проекций спина на оси  $X, Y, Z$  были различны?

Ответ:

### 5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-3:

Решите задачи. Запишите решение и ответ.

1. Под собственной энергией магнитного дипольного взаимодействия ферромагнетика понимается величина  $W_m = -\frac{1}{2} \int \vec{M}(\vec{r}) \cdot \vec{H}^m(\vec{r}) d\vec{r}$ .

Здесь  $\vec{H}^m(\vec{r})$  – статическое магнитное поле, создаваемое намагничиванием  $\vec{M}(\vec{r})$  ферромагнетика. Выразите  $W_m$  в виде функционала от  $\vec{H}^m$ .

Ответ:

2. Запишите выражение для силы действующей на магнитный диполь  $\vec{m}$ , со стороны магнитного поля  $\vec{H}(\vec{r})$ .

Ответ:

3. Зависит ли направление магнитного поля от выбора системы координат (не системы отсчёта!).

Ответ:

### Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

| Оценка              | Критерии оценивания   |
|---------------------|---|
| превосходно         | Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.   |
| отлично             | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.   |
| очень хорошо        | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.                   |
| хорошо              | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.   |
| удовлетворительно   | Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.   |
| неудовлетворительно | Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.   |
| плохо               | Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа. |

### 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

#### Шкала оценивания сформированности компетенций

| Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций) | плохо   | неудовлетворительно  | удовлетворительно  | хорошо  | очень хорошо  | отлично   | превосходно  |
|--|---|--|--|---|---|---|--|
|  | не зачтено  |  | зачтено  |   |   |   |  |
| <u>Знания</u>  | Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа | Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки                          | Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок   | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок   | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок                               | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.  | Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.   |
| <u>Умения</u>  | Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа              | При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки | Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме | Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами | Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами. | Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме | Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов |
| <u>Навыки</u>  | Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа                | При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки  | Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами                                      | Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами   | Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов  | Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов  | Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач  |

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

| Оценка  |             | Уровень подготовки   |
|---------|-------------|--|
| зачтено | превосходно | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой |

|                   |                            |  |
|-------------------|----------------------------|--|
|                   | <b>отлично</b>             | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».  |
|                   | <b>очень хорошо</b>        | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»  |
|                   | <b>хорошо</b>              | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».   |
|                   | <b>удовлетворительно</b>   | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно» |
| <b>не зачтено</b> | <b>неудовлетворительно</b> | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».   |
|                   | <b>плохо</b>               | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»  |

### 5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

#### 5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-2

Решите задачи. Запишите решение и ответ.

1. Спиновое состояние частицы со спином  $\frac{1}{2}$  описывается спинором  $\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$ .  
Чему равно квантовомеханическое среднее значение проекции спина на направление, задаваемое направляющими косинусами  $\cos \alpha, \cos \beta, \cos \gamma$ ?

Ответ:

2. Спиновое состояние частицы со спином  $\frac{1}{2}$  описывается спинором  $\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$ .  
То есть, вероятность того, что проекция спина на ось  $Z$  равна  $\frac{1}{2}$ , составляет 100%. Какова вероятность обнаружения проекции спина  $\frac{1}{2}$  на ось  $X$ .

Ответ:

3. Возможно ли такое состояние частицы со спином  $\frac{1}{2}$  чтобы величины квадратов проекций спина на оси  $X, Y, Z$  были различны?

Ответ:

#### 5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-3



Решите задачи. Запишите решение и ответ.

1. Под собственной энергией магнитного дипольного взаимодействия ферромагнетика понимается величина  $W_m = -\frac{1}{2} \int \vec{M}(\vec{r}) \cdot \vec{H}^m(\vec{r}) d\vec{r}$ .

Здесь  $\vec{H}^m(\vec{r})$  – статическое магнитное поле, создаваемое намагничиванием  $\vec{M}(\vec{r})$  ферромагнетика. Выразите  $W_m$  в виде функционала от  $\vec{H}^m$ .

Ответ:

2. Запишите выражение для силы действующей на магнитный диполь  $\vec{m}$ , со стороны магнитного поля  $\vec{H}(\vec{r})$ .

Ответ:

3. Зависит ли направление магнитного поля от выбора системы координат (не системы отсчёта!).

Ответ:

### Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

| Оценка       | Критерии оценивания   |
|--------------|---|
| превосходно  | Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.   |
| отлично      | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.                         |
| очень хорошо | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. |
| хорошо       | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы   |

| Оценка              | Критерии оценивания   |
|---------------------|---|
|                     | базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.   |
| удовлетворительно   | Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.   |
| неудовлетворительно | Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.   |
| плохо               | Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа. |

### 5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-2

1. Момент импульса и орбитальное движение отдельной частицы.
2. Оператор момента импульса орбитального движения системы частиц.
3. Спин.
4. Преобразование спиноров при вращении системы координат.
5. Уравнение Дирака для свободного электрона.
6. Уравнение Дирака для электрона в электромагнитном поле.
7. Оператор взаимодействия двух электронов с точностью  $(1/c)^2$ .
8. Атом.  $L$ Связь и  $j$  –связь.
9. Понятие об обменной энергии.
10. Магнитный момент электрона и гиромагнитная аномалия спина.
11. Магнитный момент атома.
12. Спиновой обменный оператор Дирака.

13. Взаимодействие Ван Флека – Гайзенберга.
14. Локализованные невзаимодействующие моменты. Парамагнетизм.
15. Ферромагнетизм в модели Кюри - Вейсса. Приближение молекулярного (среднего) поля.
16. Динамика магнитной решётки ферромагнетика в приближении обменного взаимодействия (классическое рассмотрение).
17. Динамика магнитной решётки ферромагнетика в приближении обменного взаимодействия (квантовое рассмотрение).
18. Ферромагноны. Термодинамика газа ферромагнонов.
19. Релятивистские взаимодействия в ферромагнитном кристалле.
20. Магнитокристаллографическая анизотропия.
21. Энергия магнитокристаллографической анизотропии и энергия магнитодипольного взаимодействия.
22. Доменная структура ферромагнетика. Доменная стенка.
23. Энергия магнитодипольного взаимодействия многодоменного ферромагнетика.
24. Малые ферромагнитные частицы.
25. Намагничивание многодоменного ферромагнетика. Гистерезис.
26. Гироэлектрические и гироманитные свойства ферромагнетика, магнитооптика ферромагнетиков.
27. Обращение времени и теорема Крамерса.

#### **5.3.4 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-3**

1. Момент импульса и орбитальное движение отдельной частицы.
2. Оператор момента импульса орбитального движения системы частиц.
3. Спин.
4. Преобразование спиноров при вращении системы координат.
5. Уравнение Дирака для свободного электрона.
6. Уравнение Дирака для электрона в электромагнитном поле.
7. Оператор взаимодействия двух электронов с точностью  $(1/c)^2$ .
8. Атом. LS-связь и jj –связь.

9. Понятие об обменной энергии.
10. Магнитный момент электрона и гиромангнитная аномалия спина.
11. Магнитный момент атома.
12. Спиновой обменный оператор Дирака.
13. Взаимодействие Ван Флека – Гайзенберга.
14. Локализованные невзаимодействующие моменты. Парамагнетизм.
15. Ферромагнетизм в модели Кюри - Вейсса. Приближение молекулярного (среднего) поля.
16. Динамика магнитной решётки ферромагнетика в приближении обменного взаимодействия (классическое рассмотрение).
17. Динамика магнитной решётки ферромагнетика в приближении обменного взаимодействия (квантовое рассмотрение).
18. Ферромагноны. Термодинамика газа ферромагнонов.
19. Релятивистские взаимодействия в ферромагнитном кристалле.
20. Магнитокристаллографическая анизотропия.
21. Энергия магнитокристаллографической анизотропии и энергия магнитодипольного взаимодействия.
22. Доменная структура ферромагнетика. Доменная стенка.
23. Энергия магнитодипольного взаимодействия многодоменного ферромагнетика.
24. Малые ферромагнитные частицы.
25. Намагничивание многодоменного ферромагнетика. Гистерезис.
26. Гироэлектрические и гиромангнитные свойства ферромагнетика, магнитооптика ферромагнетиков.
27. Обращение времени и теорема Крамерса.

### **Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)**

| Оценка      | Критерии оценивания   |
|-------------|---|
| превосходно | Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.<br>Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи.<br>Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач. |
| отлично     | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без  |

| Оценка              | Критерии оценивания   |
|---------------------|---|
|                     | ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.  |
| очень хорошо        | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.                   |
| хорошо              | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.   |
| удовлетворительно   | Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.   |
| неудовлетворительно | Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.   |
| плохо               | Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа. |

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Ландау Лев Давидович. Теоретическая физика : [учеб. пособие для физ. специальностей ун-тов] : в 10 т. Т. 3. Квантовая механика. Нерелятивистская теория / при участии Л. П. Питаевского. - Изд. 4-е, испр. - М. : Наука, 1989. - 767 с. : ил. - ISBN 5-02-014421-5 (в пер.) : 1.90., 174 экз.
2. Уайт Роберт М. Квантовая теория магнетизма / пер. с англ. М. А. Либермана ; под ред. А. С. Боровика-Романова, Л. П. Питаевского. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Мир, 1985. - 303 с. : ил. - 3.20., 2 экз.

3. Ахиезер Александр Ильич. Спиновые волны. - М. : Наука, 1967. - 338 с. : черт. - 1.39., 4 экз.
4. Вонсовский Сергей Васильевич. Магнетизм. - М. : Наука, 1984. - 208 с. : ил. - (Проблемы науки и технического прогресса : ПНТП). - 0.80., 1 экз.

Дополнительная литература:

1. Кринчик Георгий Сергеевич. Физика магнитных явлений : [учеб. пособие для физ. специальностей вузов]. - 2-е изд., доп. - М. : Изд-во МГУ, 1985. - 336 с. : ил. - 0.95., 3 экз.
2. Сمارт Дж. Самуэл. Эффективное поле в теории магнетизма / пер. с англ. В. Т. Хозяинова ; под ред. С. В. Тябликова. - М. : Мир, 1968. - 271 с. : черт. - 1.23., 2 экз.
3. Вонсовский Сергей Васильевич. Магнетизм микрочастиц. - М. : Наука, 1973. - 279 с. : с черт. - 1.16., 2 экз.
4. Браун Ульям Фуллер. Микромагнетизм / пер. с англ. А. Г. Гуревича. - М. : Наука, 1979. - 159 с. : ил. - 0.80., 1 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

1) Journal of Magnetism and Magnetic Materials

<http://www.journals.elsevier.com/journal-of-magnetism-and-magnetic-materials/>

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: для проведения лекций и практических занятий требуется типовое оборудование лекционной аудитории. Для подготовки самостоятельных контрольных работ и для их графического представления (если это необходимо), а также для расширения коммуникационных возможностей студенты имеют возможность работать в компьютерных классах с соответствующим лицензионным программным обеспечением и выходом в Интернет. Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 03.04.02 - Физика.

Автор(ы): Токман Иосиф Давидович, кандидат физико-математических наук.

Рецензент(ы): Шаров Сергей Вячеславович, кандидат физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Викторov Михаил Евгеньевич, кандидат физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 31.01.2025, протокол № 2.