|  |
| --- |
| Федеральное государственное бюджетное образовательноеучреждение высшего образования Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова |

Физический факультет

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**(межфакультетского учебного курса)**

**Магнетизм вокруг нас**

**Magnetism around us**

*наименование дисциплины*

**Уровень высшего образования:** бакалавриат, магистратура, специалитет

**Направление подготовки:** все направления

*(код и название направления)*

**Профиль (направленность) ОПОП:** все

*(название направленности)*

Форма обучения: очная

**Авторы:** Грановский Александр Борисович

Копцик Сергей Владимирович

Котельникова Ольга Анатольевна

Шалыгина Елена Евгеньевна

Шапаева Татьяна Борисовна

Москва 2024

**1. Цель освоения дисциплины – требования к результатам освоения дисциплины:**

Цель изучения данного курса – познакомить студентов не физических специальностей с базовыми понятиями физики магнитных явлений, дать представление о магнитных материалах и сферах их применения. В рамках курса дано объяснение как чисто научного (фундаментального) интереса к природе магнетизма и магнитного состояния вещества, так и некоторых аспектов практического использования законов магнетизма. Слушатели познакомятся с основными магнитными явлениями и способами их применения в науке и технике. В курсе проведена классификация современных магнитных материалов, даны примеры их использования и описаны основные методы их получения. Особое внимание уделено обсуждению применения достижений физики магнитных явлений в областях, смежных с физикой конденсированного состояния, – биологии, медицине, химии, геофизике.

Законы магнетизма являются реальной физической основой для создания систем искусственного интеллекта. Если несколько десятилетий назад системы искусственного интеллекта решали только вычислительные задачи, то в настоящее время круг этих задач стал существенно шире. Сегодня ученые во всем мире работают над созданием систем для распознавания образов, создают комплексные датчики, синтезируют «умные материалы», решают задачи по моделированию мыслительных процессов и др.

Курс будет полезен широкому кругу слушателей, интересующихся современными научными проблемами и вопросами их практического применения.

**2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО:**

Дисциплина **«Магнетизм вокруг нас»** относится к вариативной части основной профессиональной образовательной программы высшего образования по всем направлениям бакалавриата и магистратуры, специалитета МГУ имени М.В. Ломоносова.

**3. Объем дисциплины составляет:**

Объем дисциплины – 1 з.е. / 36 часов, включая 24 часа на занятия лекционного типа, 12 часов на самостоятельную работу обучающегося. Вид промежуточной аттестации – **зачет**.

**4. Тематический план: структура дисциплины по темам с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий (в соответствии с учебным планом)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Наименование** **разделов и тем дисциплины,****Форма промежуточной** **аттестации по дисциплине** | **Номинальные трудозатраты** **обучающегося**  | **Всего академических часов** | **Форма текущего контроля успеваемости[[1]](#footnote-1) \*** |
| **Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем)****Виды контактной работы, академические часы** | **Самостоя-тельная****работа** **обучаю-****щегося,****академи-****ческие** **часы** |
| **Занятия** **лекционного** **типа** | **Занятия** **семинарского** **типа / (в** **интерактивной форме)** |
| Тема 1 Введение. Понятие о магнетизме от древности до наших дней. Магнетизм и научно-технический прогресс. Современное представление о физике магнитных явлений. | 2 | - | 1 | 3 | Контроль посещаемости |
| Тема 2 Магнитное поле: основные законы и некоторые их приложения. | 2 | - | 1 | 3 | Контроль посещаемости, тестирование |
| Тема 3 Атом Бора. Магнетон Бора. Магнитный момент атома. Магнитный момент атома в магнитном поле. | 2 | - | 1 | 3 | Контроль посещаемости |
| Тема 4 Современная классификация магнитных материалов. | 2 | - | 1 | 3 | Контроль посещаемости, контрольная работа |
| Тема 5 Поведение различных веществ в магнитном поле. Диа-, пара- и ферромагнетики.  | 2 | - | 1 | 3 | Контроль посещаемости |
| Тема 6 Магнитооптические эффекты. | 2 | - | 1 | 3 | Контроль посещаемости, тестирование |
| Тема 7 Новые магнитные материалы. Мультиферроики. Магнитоэластомеры. Материалы с памятью формы. Материалы с магнитокалорическим эффектом. | 2 | - | 1 | 3 | Контроль посещаемости |
| Тема 8 Вычислительная техника и магнетизм. Квантовые вычисления. Искусственный интеллект и перспективы его развития. | 2 | - | 1 | 3 | Контроль посещаемости |
| Тема 9 Методы измерения далеких магнитных полей. Сильные магнитные поля в космосе, сверхсильные поля нейтронных звезд и магнетаров.  | 2 | - | 1 | 3 | Контроль посещаемости |
| Тема 10 Магнитные неустойчивости и цикличность солнечной активности. Визуализация магнитного поля Солнца. Экологическая роль магнитного поля Земли. | 2 | - | 1 | 3 | Контроль посещаемости |
| Тема 11 Магнитные и электрические свойства некоторых естественных биологических материалов. Магнитные свойства крови. Биологические эффекты электромагнитных полей. Механизмы ориентирования живых организмов в магнитном поле Земли.  | 2 | - | 1 | 3 | Контроль посещаемости |
| Тема 12 Заключение. | 2 | - | 1 | 3 | Контроль посещаемости |
| . |  |  |  |  |  |
| **Итого** | **24** | **-** | **12** | **36** |  |

**5. Содержание разделов, тем дисциплины: краткое содержание дисциплины (темы** **межфакультетского учебного курса):**

**Раздел I.**

**Понятие о магнетизме от древности до наших дней**

1. Магнетизм и научно-технический прогресс. Современное представление о физике магнитных явлений. Спинтроника и нейроморфные вычисления для создания искусственного интеллекта.

**Раздел II.**

**Общие сведения о магнетизме**

2. Магнитное поле. Магнитная индукция. Сила Лоренца. Сила Ампера. Опыт Роуланда. Закон Ампера. Закон Био-Савара-Лапласа. Атом Бора. Магнетон Бора. Понятие о квантовой частице. Принцип неопределенности Гейзенберга. Соотношение де-Бройля. Уравнение Шредингера. Стационарные состояния. Момент количества движения. Орбитальный магнитный момент. Спиновый магнитный момент. Магнитный момент атома. Магнитный момент атома в магнитном поле. Опыт Штерна и Герлаха. Магнитное поле: практическое применение. От компаса до большого адронного коллайдера.

3. Виды магнитного порядка. Поведение различных веществ в магнитном поле. Диа-, пара- и ферромагнетики. Магнитный момент. Взаимодействие магнитного момента с магнитным полем. Молекулярные токи Ампера. Магнитные домены и доменные структуры.

**Раздел III.**

**Магнетизм и свет**

4. Основные магнитооптические эффекты. Физическая сущность магнитооптических эффектов и их классификация. Феноменологическая теория магнитооптических эффектов, в том числе в однослойных и многослойных тонкопленочных системах. Магнитооптическое исследование магнитных материалов с целью получения информации о зонной структуре, магнитных характеристиках, микромагнитных структурах, фазовых состояний ферромагнетиков.

**Раздел IV.**

**Магнитные материалы и их применения**

5. Магнитомягкие и магнитотвердые материалы. Магнитные датчики. Новые магнитные материалы. Мультиферроики. Сплавы Гейслера. Разбавленные магнитные полупроводники. Магнитоэластомеры. Материалы с памятью формы. Материалы с магнитокалорическим эффектом. Понятие и синапсе в искусственном интеллекте. Мемристоры для нейроморфных вычислений

6. Магнитные материалы и информационные технологии. Магнитная запись информации: история, перспективы развития и возможности использования для создания систем искусственного интеллекта. Принципы работы вычислительной техники. Хранение и обработка информации

**Раздел V.**

**Магнетизм в космосе**

7. Сильные магнитные поля в космосе, сверхсильные поля нейтронных звезд и магнетаров. Магнитные неустойчивости, структура галактики и значение магнитной стабилизации движения спиральных рукавов галактики для возникновения/поддержания жизни на Земле. Методы измерения далеких магнитных полей. Магнитные неустойчивости и цикличность солнечной активности, солнечное динамо. Визуализация магнитного поля Солнца. Представления о структуре Солнца и формировании солнечного динамо, модель Юджина Паркера. Магнитное поле Земли и его экологическая роль. Палеомагнетизм. Значение магнитных исследований для становления представлений о движении континентов. Экологическая роль магнитного поля Земли. Представления о последующей эволюции Солнца и глобальное потепление.

**Раздел VI.**

**Магнетизм в биологии и медицине**

8. Магнитные и электрические свойства некоторых естественных биологических материалов. Простейшая классификация биокомпонентов, одноклеточных и многоклеточных живых систем. Магнитотактические бактерии. Окислы железа и ионы железа в живых организмах. Магнитные свойства крови. Биологические эффекты электромагнитных полей. Возможные механизмы воздействия слабых и сильных электромагнитных полей на биологические объекты. Структура и функции биомембран. Электрокардиограмма и магнитокардиограмма – сравнительный анализ достоинств и недостатков. Магнитное поле в жизненных циклах организмов. Механизмы ориентирования живых организмов в магнитном поле Земли –“живой” компас. Магниторезонанская томография, магнитная сепарация, магнитная гипертермия, магнитная доставка лекарств, магнитные биосенсоры и другие применения в медицине.

**6. Фонд оценочных средств для оценивания результатов обучения по дисциплине**

1. Основные магнитные эффекты.
2. Основные законы физики магнитных явлений
3. История развития магнетизма.
4. Технические устройства и явления природы, в которых работают законы магнетизма.
5. Магнитные параметры. Единицы измерений.
6. Диа-, пара- и ферромагнетики. Примеры материалов.
7. Магнитный момент атома.
8. Магнитное поле. Способы его создания и измерения.
9. Магнитокалорический эффект. Примеры материалов, обладающих магнитокалорическим эффектом.
10. Магнитооптические эффекты.
11. Функциональные магнитные материалы. Способы их использования.
12. Запись информации и методы её обработки. Перспективы развития вычислительной техники.
13. Магнитные свойства крови и других биологических тканей.
14. Биологические эффекты электромагнитных полей.
15. Электрокардиограмма и магнитокардиограмма.
16. Механизмы ориентации живых организмов в магнитном поле Земли.
17. Магнитное поле Земли и его экологическая роль.

16. Методы измерения удаленных магнитных полей.

17. Источник энергии и механизмы усиления магнитного поля; понятие о гидродинамическом динамо.

18. Экологическое значение магнитных неустойчивостей и магнитной стабилизации галактического масштаба.

19. Что такое нейроморфные вычисления.

20. Мемристор как имитатор синапса в нейроморфных вычислениях для создания искусственного интеллекта.

21. Приведите пример системы искусственного интеллекта, созданной на основе физики магнитных явлений.

**7. Ресурсное обеспечение:** п**еречень основной и дополнительной литературы**

* Перечень основной и дополнительной учебной литературы
1. Белов К.П., Бочкарев Н.Г., Магнетизм на Земле и в космосе, М., Наука, 1983 г.
2. Вонсовский С.В., Магнетизм, М., Наука, 1984 г.
3. Зенгуил Э. Физика поверхности. М.: Мир, 1990 г.
4. Каганов М.И., Цукерник В.М., Природа магнетизма. М., Наука, 1982 г.
5. Карцев В.П. Магнит за три тысячелетия. М.: Энергоатомиздат, 1988 г.
6. Тикадзуми С. Физика ферромагнетизма. Магнитные свойства вещества. М.: Мир, 1983 г.
7. Тилли Д.Р., Тилли Дж. Сверхтекучесть и сверхпроводимость, изд-во “Мир”, 1977 г.
8. Чечерников В.И. “Магнитные измерения”, Москва, “Наука”, 1968 г.
9. Шмидт В.В. Введение в физику сверхпроводников. МЦНМО, 2000 г
10. Kannan M. Krishnan. Fundamentals and applications of magnetic materials. 2016.
11. The 2020 magnetism roadmap. J. Phys. D: Appl. Phys. (2020), 53, 453001 <https://doi.org/10.1088/1361-6463/ab9d98>
12. Hubert A., Schäfer R. Magnetic Domains. The Analysis of Magnetic Microstructures. Springer, 2008.
13. В.В. Устинов, Н.В. Мушников, В.Ю. Ирхин. Физика магнитных материалов и наноструктур. ИФМ УрО РАН. Екатеринбург. 2020.
14. G.V. Kurlyandskaya. Biosensors with Magnetic Nanocomponents. MDPI. 2020.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» <http://magn.ru>

* Описание материально-технической базы:

Аудитория с проекционным оборудованием и компьютером.

**8. Преподаватели дисциплины:**

**Авторы–составители:**

1. Д.ф.-м.н., профессор, Грановский Александр Борисович, кафедра магнетизма физического факультета МГУ
2. К.ф.-м.н., доцент, Котельникова Ольга Анатольевна, кафедра магнетизма физического факультета МГУ
3. К.ф.-м.н., б/з, Копцик Сергей Владимирович, кафедра магнетизма физического факультета МГУ
4. К.ф.-м.н., б/з, Шапаева Татьяна Борисовна, кафедра магнетизма физического факультета МГУ
1. Формы текущего контроля успеваемости – это: проверка конспектов лекций и первоисточников (статьи, монографии, учебника, книги и пр.) (ПК); контрольный (устный / письменный) опрос (КО); презентация доклада, выступления, реферата (П); Формы текущего контроля успеваемости по некоторым темам дисциплины сопровождаются устными индивидуальными выступлениями (В) и групповой дискуссией (обсуждение противоречивых, проблемных тем и вопросов) обучающихся (Д). [↑](#footnote-ref-1)