

« _ » _____ 2024 г.

**Вопросы для вступительного экзамена
по группе специальностей "Физические науки"
(физико-математические науки)**

Механика

1. Дайте определение материальной точки. Запишите выражения для скорости и ускорения материальной точки в декартовой, цилиндрической и сферической системах координат. Определите понятия силы и массы. Укажите способы измерения этих величин. Сформулируйте законы Ньютона и принцип относительности Галилея.

2. Сформулируйте задачу об одномерном движении материальной точки в потенциальном поле и получите закон движения в квадратурах. Исследуйте его вблизи точек поворота. Выведите формулу для периода нелинейных колебаний при финитном движении.

3. Сформулируйте задачу о движении в центральном поле. Покажите, что движение в центральном поле является плоским и происходит с постоянной секторной скоростью. Получите закон движения в квадратурах. Введите понятие эффективного потенциала.

4. Сформулируйте задачу Кеплера. Докажите первый закон Кеплера. Какие траектории возможны в данной задаче?

5. Рассмотрите задачу о движении механической системы при наличии связей. Приведите классификацию связей. Получите уравнения Лагранжа из второго закона Ньютона.

6. Запишите уравнения Лагранжа. Что такое интегралы движения? Как с их помощью найти закон движения? Приведите определения обобщенной энергии и обобщенного импульса. Сформулируйте и выведите условия их сохранения.

7. Запишите функцию Лагранжа нерелятивистской частицы в произвольном электромагнитном поле. Выясните, что происходит с функцией Лагранжа и уравнениями Лагранжа при калибровочных преобразованиях.

8. Приведите определение функции Гамильтона. Функцией, каких независимых переменных она является? Выведите канонические уравнения Гамильтона из уравнений Лагранжа.

9. Получите уравнение Гамильтона-Якоби. Как и в каких случаях разделяются переменные в уравнении Гамильтона-Якоби? Опишите схему нахождения закона движения с помощью уравнения Гамильтона-Якоби.

10. Дайте определение абсолютно твердого тела. Сколько оно имеет степеней свободы? Введите углы Эйлера. Получите кинематические уравнения Эйлера. Запишите функцию Лагранжа симметричного волчка с неподвижной точкой.

11. Сформулируйте задачу о свободных малых колебаниях с несколькими степенями свободы. Запишите уравнения движения в приближении малых колебаний. Получите его общее решение. Что такое нормальные колебания, как определять их частоты и амплитуды?

12. Сформулируйте задачу о вынужденных малых колебаниях с несколькими степенями свободы. Что представляет собой общее решение уравнений движения? Найдите закон установившихся малых колебаний. Сформулируйте условие резонанса.

13. Дайте определение идеальной жидкости. Получите уравнение Эйлера и уравнение непрерывности для идеальной жидкости. Выведите уравнение Бернулли для стационарного течения жидкости.

Литература

1. И.И. Ольховский. Курс теоретической механики для физиков. М., Изд-во МГУ, 1978.
2. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Механика. М., Физматлит, 2001.
3. Л.С. Кузьменков. Теоретическая физика. Классическая механика. М., Наука, 2015.
4. Ю.Г. Павленко. Лекции по теоретической механике. М., Физматлит, 2002.
5. В.Р. Халилов, Г.А. Чижов. Динамика классических систем. М., Изд-во МГУ, 1993.
6. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Гидродинамика. М., Наука, 1988.
7. Б.В. Петкевич. Теоретическая механика. М., Наука, 1989.

Молекулярная физика, статистическая физика и термодинамика

1. Что такое термодинамическая система? Дайте определение и примеры термодинамических параметров. Определите внутреннюю энергию системы. Сформулируйте первое начало термодинамики. Дайте определения состояния равновесия и равновесного процесса.

2. Определите понятие энтропии. Как изменяется энтропия при квазистатических процессах? Получите уравнение адиабаты. Как изменится энтропия в результате теплообмена между двумя идеальными газами, пришедшими к равновесию?

3. Сформулируйте второе начало термодинамики для неравновесных процессов. Приведите различные его формулировки и докажите их эквивалентность. Укажите механизмы возникновения необратимости.

4. Что такое термодинамические потенциалы? Определите энтальпию и свободную энергию системы. Приведите примеры использования термодинамических потенциалов для определения термодинамических параметров. Сформулируйте условия термодинамического равновесия и устойчивости пространственно однородной системы.

5. Что такое идеальный газ? При каких условиях наблюдается отклонение газов от идеальности? Запишите разложение давления неидеального газа по степеням $1/V$ (вириальное разложение). Запишите внутреннюю энергию идеального газа и его теплоемкости при изопроцессах.

6. Запишите каноническое распределение Гиббса. Сформулируйте приближения, при которых оно было получено. Укажите смысл всех входящих в него параметров. Что такое статистическая сумма? Как она связана со свободной и внутренней энергиями системы? Сформулируйте теорему о распределении энергии по степеням свободы.

7. Дайте определение химического потенциала. Запишите большое каноническое распределение Гиббса для системы с переменным числом частиц. Сформулируйте предположения, при которых оно было получено. Укажите смысл всех входящих в него параметров.

8. Как распределены по микросостояниям бозоны и фермионы? Запишите распределения Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна. Для каких квантовых систем они справедливы? Чем определяется температура вырождения? Что такое энергия Ферми?

9. Запишите уравнение Лиувилля для функции распределения микросостояний системы из N частиц. Запишите микроканоническое распределение Гиббса. Каким граничным условиям удовлетворяет функция распределения?

10. Дайте определение одночастичной функции распределения. Запишите кинетическое уравнение Больцмана. Что такое интеграл столкновений? В чем заключается приближение парных столкновений? Покажите, что при равновесном распределении вероятностей интеграл столкновений равен нулю.

11. Что такое случайный стационарный марковский процесс и его временная корреляционная функция? Запишите уравнение Смолуховского и уравнение Фоккера-Планка. Покажите, что для движения Броуновской частицы получается формула Эйнштейна.

Литература

1. И.А.Квасников, Термодинамика и статистическая физика, том 1, теория равновесных систем, термодинамика. Изд. УРСС, М., 2002.
2. И.А.Квасников, Термодинамика и статистическая физика, том 2, теория равновесных систем, статистическая физика. Изд. УРСС, М., 2002.
3. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Статистическая физика. Изд. УРСС, М., 2021.

Электродинамика

1. Запишите уравнения Максвелла для электромагнитного поля в среде. Запишите уравнение непрерывности зарядов и токов в проводящей среде. Какой вид имеют материальные уравнения и условия на границе раздела сред для характеристик электромагнитного поля? Приведите примеры явлений, описываемых некоторыми из этих уравнений.
2. Получите выражение для энергии электростатического поля системы, состоящей из произвольного числа заряженных проводящих тел. Результат выразите через потенциальные и ёмкостные коэффициенты. Укажите свойства этих коэффициентов.
3. Получите уравнения для скалярного и векторного потенциалов электромагнитного поля в линейной однородной изотропной среде в отсутствие дисперсии. Выполните калибровочное преобразование для потенциалов и получите уравнения для потенциалов при выполнении калибровочного условия Лоренца. Запишите решение для запаздывающих потенциалов.
4. Получите выражение для энергии магнитного поля системы, состоящей из произвольного числа контуров со стационарными токами. Результат представьте в двух формах: через индуктивные коэффициенты и через магнитный поток. Укажите свойства индуктивных коэффициентов.
5. Запишите выражения для силы и момента сил, действующих на диполь в неоднородном электрическом поле. Опишите излучение электромагнитных волн в дипольном приближении. Как выглядит угловое распределение интенсивности? Что такое радиационное трение?
6. Опишите структуру плоской электромагнитной волны. Что такое поляризация волны? Как преобразуется электрическое и магнитное поле электромагнитной волны при переходе к движущейся системе отсчета. В чем состоит эффект Доплера.
7. Постройте ковариантное (четырёхмерное) обобщение уравнений электромагнитного поля в среде. Запишите выражения для тензоров, образованных компонентами векторов $\vec{E}, \vec{D}, \vec{V}, \vec{H}$ и получите закон преобразования компонент этих векторов при преобразованиях Лоренца.
8. Запишите материальные уравнения для электромагнитного поля в среде при наличии временной дисперсии. Дайте определение комплексной диэлектрической проницаемости в среде и укажите её аналитические свойства. Получите формулы Крамерса-Кронига.
9. Опишите распространение электромагнитной волны в слабо проводящей, диспергирующей среде. Для однородной волны, получите выражения для показателя преломления и коэффициента поглощения, представив их через вещественную и мнимую части комплексной диэлектрической проницаемости среды.

Литература

1. В.А. Алешкевич. Электромагнетизм. М., Физматлит, 2014.
2. В.И. Денисов. Введение в электродинамику сплошных сред. М, Изд-во МГУ, 1989.
3. А.Н.Матвеев. Электричество и магнетизм. М., Лань, 2010.
4. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Теория поля. М., Физматлит, 2018.
5. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Электродинамика сплошных сред. М., Физматлит, 2005.

6. С.Г.Калашников. Электричество. М., Физматлит, 2003.
7. Д.В.Сивухин. Общий курс физики. Т.3., Физматлит, 2004.
8. Батыгин В.В., Топтыгин И.Н. Современная электродинамика. Часть 1. Микроскопическая теория. – М., НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2003.
9. Топтыгин И.Н. Современная электродинамика. Часть 2. Теория электромагнитных явлений в веществе. М., НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2005.

Оптика

1. Получите из уравнений Максвелла волновое уравнение для вектора напряженности электрического поля световой волны в однородном изотропном диэлектрике без свободных зарядов. Запишите выражения для вектора Умова-Пойнтинга и объемной плотности энергии электромагнитной волны в изотропной среде. Изобразите взаимное расположение векторов E , H , k , S в пространстве и графики их изменения во времени в бегущей гармонической волне.

2. Объясните волновую природу давления света на примере плоской электромагнитной волны, падающей нормально на поверхность. Запишите выражения для импульса световой волны, давления света на поверхность с коэффициентом отражения R . Какова поляризация естественного света? Изобразите траектории конца вектора напряженности электрического поля для случаев линейной, круговой и эллиптической поляризации

3. В чем заключается явление интерференции света? В случае интерференции света от двух монохроматических точечных источников (схема Юнга) получите выражения для интенсивности и ширины интерференционной полосы, запишите значения фазы и разности хода в максимуме и минимуме m -ого порядка интерференции.

4. Что такое временная когерентность света? Длина и время когерентности. Функция видности Майкельсона. Функция автокорреляции и степень когерентности. Приведите примеры длины когерентности излучения различных источников света.

5. Сформулируйте теорему Винера-Хинчина для спектральной плотности мощности и корреляционной функции случайных световых колебаний. Опишите применение этой теоремы в фурье-спектроскопии. Рассмотрите наиболее типичные примеры.

6. Что такое пространственная когерентность? Как влияет размер теплового источника на видность интерференционной картины в опыте Юнга. Звездный интерферометр Майкельсона и измерение угловых размеров звезд.

7. Сформулируйте принцип Гюйгенса-Френеля. Получите выражение для радиуса n -ой зоны Френеля, постройте векторную диаграмму для комплексной амплитуды поля при дифракции на круглом отверстии. Изобразите амплитудную и фазовую зонные пластинки. Запишите дифракционный интеграл Кирхгофа.

8. Пользуясь векторной диаграммой изобразите график изменения интенсивности плоской волны при дифракции на круглом отверстии в зависимости от расстояния. Сформулируйте приближение Френеля в теории дифракции и запишите дифракционный интеграл в этом приближении. Как работает собирающая линза?

9. Сформулируйте приближение Фраунгофера для дифракции волн и запишите в этом приближении интеграл для дифрагирующего светового поля. Дайте определение дальней зоны дифракции. Представьте распределение дифрагировавшего поля в дальней зоне как пространственное преобразование Фурье поля на дифракционном отверстии.

10. Сформулируйте основные положения электронной теории дисперсии и ее приближения. Изобразите кривые дисперсии и абсорбции в окрестности линии поглощения. Укажите области нормальной и аномальной дисперсии и изобразите картину дисперсии, получаемую в скрещенных призмах. Опишите в первом приближении теории дисперсии распространение светового импульса в диспергирующей среде. Что такое групповая и фазовая скорости?

11. Прохождение света через границу раздела двух диэлектриков. Формулы Френеля. Явление полного внутреннего отражения. Угол Брюстера. Зависимость коэффициента отражения света от угла падения и поляризации падающего света.

12. Распространение света в одноосных кристаллах. Луч и нормаль. Изобразите поверхность нормалей и объясните ее физический смысл. Изобразите взаимное расположение волнового, лучевого векторов и векторов напряженностей электрического и магнитного полей. Приведите оптическую схему получения света с круговой и эллиптической поляризацией из естественного света.

Литература

1. Алешкевич В.А. ОПТИКА. М. "Физматлит". 2010.
2. Матвеев А.Н. ОПТИКА. М. "Высшая школа". 1985.
3. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Том 4. ОПТИКА. 3-е изд. М. "Физматлит". 2005.
4. Ландсберг Г.С. ОПТИКА. 5-е изд., М., "Наука". 1976.
5. Ахманов С.А., Никитин С.Ю. ФИЗИЧЕСКАЯ ОПТИКА. М. МГУ, 1998.
6. Борн М., Вольф В. ОСНОВЫ ОПТИКИ. М.. "Наука". 1970.
7. Крауфорд Ф. ВОЛНЫ. 3-е изд. М. "Наука". 1984.

Квантовая физика

1. Выведите формулу Планка для равновесного излучения и рассмотрите следствия из нее: формулу Рэлея-Джинса и формулу Вина. Укажите условия, при которых эти формулы справедливы.

2. Чему равно численное значение постоянной Планка? Опишите эксперименты по определению постоянной Планка: тепловое излучение, фотоэффект, тормозное рентгеновское излучение, эффект Комптона. При выполнении каких условий реализуется классический предел квантовой теории?

3. Дайте определение чистого и смешанного состояний квантовых систем. Приведите примеры квантовых систем, находящихся в чистом и смешанном состояниях. Каковы основные свойства и физический смысл волновой функции и матрицы плотности? Что является результатом измерения физической величины? Как найти вероятность того или иного результата измерения в чистом состоянии и в смешанном состоянии? Как найти среднее значение физической величины в чистом состоянии и в смешанном состоянии?

4. Выпишите явный вид операторов координаты и импульса в координатном и импульсном представлениях. Как выглядит соотношение неопределенностей Гейзенберга и каков его физический смысл? Выпишите нестационарное и стационарное уравнения Шредингера для одномерного движения материальной точки. Каков их физический смысл?

5. Найдите уровни энергии одномерного гармонического осциллятора. Как выглядят волновые функции гармонического осциллятора в координатном представлении?

6. Запишите уравнение Шредингера для атома водорода и обсудите вид и основные характеристики решений этого уравнения. Объясните, что характеризуют квантовые числа.

7. Запишите операторы проекций углового момента частицы на оси Ox , Oy и Oz декартовой системы координат и квадрата полного углового момента, а также соотношения коммутации для этих операторов. Приведите выражения для оператора квадрата полного углового момента и оператора проекции углового момента частицы на ось Oz . Сформулируйте задачу на собственные функции и собственные значения этих операторов и запишите их собственные функции и собственные значения.

8. Постройте первый порядок стационарной теории возмущений для невырожденного уровня. Каковы условия применимости полученных ответов? Постройте первый порядок стационарной теории возмущений для вырожденного уровня.

9. Эффект Зеемана: выпишите гамильтониан многоэлектронного атома в присутствии однородного магнитного поля, определите, что такое «слабое поле», вычислите фактор Ланде.

10. Эффект Штарка: выпишите гамильтониан атома водорода в присутствии однородного электрического поля, опишите расщепление уровня $n=2$. Почему эффект Штарка в многоэлектронном атоме отличается от эффекта Штарка в атоме водорода?

11. Постановка задачи об упругом рассеянии на потенциале $V(\mathbf{x})$. Амплитуда рассеяния, дифференциальное и полное сечение. Уравнение Липпмана-Швингера. Борновский ряд, первое борновское приближение, условия применимости первого борновского приближения.

12. Принцип неразличимости тождественных частиц. Собственные значения оператора перестановки двух частиц. Бозоны и фермионы. Волновая функция N тождественных фермионов (бозонов). Базис в пространстве состояний N тождественных фермионов (бозонов). Свойства наблюдаемых для системы N тождественных частиц.

13. Описание динамики квантовых систем. Представление Шредингера, представление Гайзенберга, их эквивалентность. Формальные решения уравнений Гайзенберга и Шредингера для консервативной системы. Интегралы движения, их физический смысл. Стационарные состояния.

14. Охарактеризуйте основные классы молекул и типы связей в них. Опишите вращательные, колебательные и электронные спектры молекул (характерные частоты, квантование уровней и др.). Дайте качественную картину возникновения гомополярной силы связи в молекуле водорода. Разъясните квантовую природу сил Ван-дер-Ваальса.

Литература

1. А.С. Давыдов. Квантовая механика. М., Физматгиз, 1973.
2. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Квантовая механика. М., Физматлит, 2004.
3. О.Д. Тимофеевская, О.А. Хрусталева. Лекции по квантовой механике. М., URSS, 2017.
4. Д.И. Блохинцев. Основы квантовой механики. М., Наука, 1983.
5. А.А. Соколов, Ю.М. Лоскутов, И.М. Тернов. Квантовая механика. М., Просвещение, 1965.

Ядерная физика

1. Опишите опыт Резерфорда. Что такое ядро, каковы его характерные размеры? Каким распределением описываются плотности распределения массы и заряда ядра? Как связан радиус ядра и его массовое число? Дайте определение энергии связи ядра. Чему равен дефект массы ядра?

2. Какие частицы называют стабильными? Перечислите все виды взаимодействий с указанием частиц — переносчиков взаимодействия и характерным временем взаимодействия. Приведите примеры процессов, происходящих по различным взаимодействиям. Выпишите все фундаментальные частицы Стандартной модели. Что такое адроны? Что такое лептоны? В каких взаимодействиях они участвуют?

3. Перечислите квантовые числа, характеризующие частицы. Что такое спин? Какие значения он может принимать? Что характеризует квантовое число внутренней четности? От чего зависит значение изоспина? Какие квантовые числа совпадают у частиц и античастиц? Какие квантовые числа сохраняются в сильном взаимодействии? В слабом и электромагнитном?

4. Дайте определение радиоактивности. В чем заключается статистический характер распада? Выведите закон радиоактивного распада. Что такое период полураспада? Как связаны период полураспада и постоянная распада? Чем обусловлены естественная и искусственная радиоактивности? Что такое космические лучи? Что такое альфа-распад? Приведите пример альфа-радиоактивного ядра. Запишите три типа бета-распада. Почему происходят гамма-излучение в ядрах?

5. Запишите формулу Вайцеккера для энергии связи ядер, объясните роль каждого слагаемого. Нарисуйте зависимость удельной энергии связи стабильных ядер от массового

числа. Обоснуйте, почему при делении тяжелых ядер и в реакциях синтеза легких ядер выделяется энергия.

6. В чем особенность магических чисел для ядер? Какая модель используется для объяснения магических ядер? Какое уравнение описывает состояния нуклонов в этой модели? Какие квантовые числа описывают состояние нуклонов? Какую роль играет спин-орбитальное взаимодействие? В чем заключается принцип Паули?

7. Что такое цепная реакция? Что характеризует коэффициент размножения нейтронов? Какие процессы называются критическими, надкритическими и подкритическими? Как устроен ядерный реактор? Как осуществляется контроль скорости реакции в ядерном реакторе?

8. Что такое энергия реакции? Чему равна пороговая энергия реакции в СЦИ и в лабораторной системе отсчета? Какие законы сохранения работают в ядерных реакциях? Сформулируйте законы сохранения полного момента, изоспина, проекции изоспина и четности. В каких реакциях они могут нарушаться? Опишите возможные механизмы ядерных реакций.

9. В чем отличие адронов и лептонов? Какие частицы называются барионами? Перечислите кварки трех поколений с указанием их зарядов и ароматов. Какой кварковый состав нуклонов? Для чего было введено квантовое число «цвет»? Какие ограничения на кварковый состав и взаимодействие между кварками накладывает наличие «цвета»? В чем заключается явление конфайнмента?

10. Что такое комптоновское рассеяние? Нарисуйте диаграммы Феймана прямого и обратного эффекта Комптона. Как связаны длина волны и угол рассеяния фотона? В чем состоит выдвинутая де Бройлем гипотеза об универсальности корпускулярно-волнового дуализма? Чему равна длина волны де Бройля? В чем состоял эксперимент Дж. Томсона по изучению дифракции электронов? Сформулируйте принцип неопределенности Гейзенберга.

11. В чем заключается явление альфа-распада? Запишите закон Гейгера-Неттола. При каких условиях возможен альфа-распад? Какова роль кулоновского и центробежного барьеров в альфа-распаде? Что такое радиоактивные семейства?

12. Как связаны размер исследуемого объекта и требуемая для этого энергия? Какая энергия необходима для исследования структуры ядра? Нуклона? Какая принципиальная структура ускорителя? Объясните принцип работы линейного ускорителя, циклотрона, микротрона и ускорителя на встречных пучках. В чем их недостатки и преимущества?

13. Определите операции зарядового, пространственного и временного сопряжения. В каких взаимодействиях нарушаются С-, Р-, Т-симметрии? В каком эксперименте наблюдается несохранение CP-симметрии? В чем заключается CPT-теорема? Какие предпосылки к нарушению Т-симметрии?

14. В каких ядрах можно наблюдать вращательные состояния в спектре и почему? Как можно объяснить наличие колебательных уровней в спектре ядра? Что такое фононы? Изобразите схематически монопольные, дипольные и квадрупольные коллективные колебания. Как выглядят спектры вращательных и колебательных уровней в ядре?

15. Какие реакции происходили в эпоху дозвездного нуклеосинтеза? Какие элементы образовались в результате pp- и CNO-циклов? Какой состав имеет звезда на стадии горения кремния? Какова роль r- и s- процессов?

Литература

1. Б.С. Ишханов, И.М. Капитонов, Н.П. Юдин. Частицы и атомные ядра. Учебник. Изд. 4-е, испр. и доп., 2019.
2. И.М. Капитонов. Введение в физику ядра и частиц. Изд. 6-е. 2018.

Биофизика

1. Состав, строение, функции и основные физические характеристики живых клеток как термодинамических открытых систем.

2. Состав, строение, функции и основные физические характеристики нуклеиновых кислот, белков, липидов, углеводов.

3. Явления пространственно-временной самоорганизации в живых системах, активные среды, примеры автоволновой самоорганизации.

4. Электрические явления в клетках. Мембраны, ионный транспорт, потенциал покоя и распространение нервного импульса.

Литература

1. Лекции по биофизике / Под ред. В.А. Твердислова – Москва, Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, 2023.

2. В.А. Твердислов, А.Э. Сидорова, Л.В. Яковенко Биофизическая экология УРСС, 2012.

3. Л.А. Блюменфельд Решаемые и нерешаемые проблемы биологической физики. М., УРСС, 2002.

Астрофизика

1. Методы обнаружения планет у других звезд.

2. Зависимость светимости от массы для звезд разных масс.

3. Происхождение элементов таблицы Менделеева во Вселенной.

Литература

1. А.В. Засов, К.А. Постнов. Общая астрофизика. Издательство "Фрязино", 2011.

Геофизика

1. Происхождение Солнечной системы и Земли. Энергия аккреции Земли и энергия гравитационной дифференциации.

2. Оценка радиационной температуры Земли. Окна прозрачности атмосферы. Парниковый эффект.

3. Устойчивость стратификации. Адиабатический градиент. Частота Вэйсяля-Брента.

4. Геострофическое приближение. Число Россби. Геострофическое течение (ветер).

5. Многообразие волновых движений в океане и атмосфере. Понятие о нормальной и аномальной дисперсии волн (на примере гравитационно-капиллярных волн на воде).

6. Акустические волны в атмосфере и океане. Параметры, определяющие скорость звука в воздухе и воде. Подводный звуковой канал.

7. Оптические явления в атмосфере, вызываемые ядрами конденсации, рефракцией, поглощением и рассеянием.

8. Строение Земли по сейсмическим данным. Основные сейсмические границы и аномальные слои Земли. Основные структурные оболочки Земли.

9. Теория упругой отдачи Рейда. Диаграмма излучения очага землетрясения. Магнитуда и энергия землетрясения. Шкала сотрясаемости. Закон Гутенберга-Рихтера.

10. Основные элементы магнитного поля Земли. Источники главного, аномального, внешнего поля Земли, дипольное и недипольное поле. Палеомагнетизм.

Литература

1. Анисимова Е.П., Показеев К.В. Введение в физику гидросферы. М.: МГУ, 2002.

2. Гилл А. Динамика атмосферы и океана. Т.1,2. Москва, Мир, 1986.

3. Жарков В.Н. Внутреннее строение Земли и планет. М.: Наука и образование, 2013.

4. Захаров В.С., Смирнов В.Б. Строение и физика Земли. Вводный курс: учебное пособие – Долгопрудный. Издательский дом «Интеллект», 2018.

5. Трухин В.И., Показеев К.В., Куницын В.Е. Общая и экологическая геофизика. М.: Физматлит, 2005.
6. Общая геофизика. Под ред. В.А. Магницкого, М., МГУ, 1995.
7. <http://ocean.phys.msu.ru/courses/geo/>