

Э Электричество

- Э-01** Электрический диполь: электрический дипольный момент, потенциальная энергия диполя в электростатическом поле, момент сил, действующих на диполь в однородном электростатическом поле. Механизмы поляризации диэлектриков.
- Э-02** Рассмотрите электромагнитные волны в пространстве, свободном от зарядов и токов. Покажите, что вектора \vec{k} (волновой вектор), \vec{E} , \vec{B} образуют правую тройку в некоторой инерциальной системе отсчёта. Объясните, почему в любой другой инерциальной системе отсчёта этот факт, будучи сформулированным для преобразованных векторов, будет также иметь место.
- Э-03** Механизмы поляризации диэлектриков. Теорема Гаусса для вектора \vec{D} . Условия на границе раздела диэлектриков.
- Э-04** Полевая версия теоремы Нётер. Сохраняющийся нётеровский ток. Канонический и симметризованный тензоры энергии импульса электромагнитного поля. Физический смысл компонент симметризованного тензора энергии-импульса электромагнитного поля.
- Э-05** Электрический ток. Плотность тока. Закон сохранения электрического заряда. Дифференциальная и интегральная формы закона Ома, границы его области применимости.
- Э-06** 4-векторный потенциал и тензор Максвелла. Связь полей \vec{E} и \vec{B} с 4-векторным потенциалом A^μ . Действие для электромагнитного поля.
- Э-07** Воспользуйтесь полевыми уравнениями Эйлера-Лагранжа чтобы получить уравнения Максвелла «с источниками».
- Э-08** 4-векторный потенциал и тензор Максвелла. Связь полей \vec{E} и \vec{B} с 4-векторным потенциалом A^μ . Система уравнений Максвелла-Лоренца.
- Э-09** Закон Кулона, напряжённость поля, силовые линии электростатического поля, электростатическая защита. Работа в электростатическом поле, потенциальность электростатического поля.
- Э-10** Действие для заряженной частицы в электромагнитном поле. 4-сила Лоренца. Релятивистски инвариантное действие для системы «электромагнитное поле + заряженные частицы». Система уравнений Максвелла-Лоренца.
- Э-11** Работа в электростатическом поле, потенциальность электростатического поля. Потенциальная энергия точечного заряда q в поле, создаваемом системой точечных зарядов Q_j . Потенциал электростатического поля. Вычисление потенциала по известной напряжённости поля и определение конфигурации поля по заданному потенциалу.
- Э-12** Полевые уравнения Эйлера-Лагранжа. Уравнения Максвелла. Полевая версия теоремы Нётер. Тензор энергии-импульса электромагнитного поля.
- Э-13** Убедитесь в инвариантности тензора Максвелла относительно калибровочных преобразований. Воспользуйтесь уравнениями Максвелла «с источниками», чтобы получить закон сохранения электрического заряда.

Э-14 Гипотеза молекулярных токов Ампера. Теорема о циркуляции вектора \vec{H} . Условия на границе раздела магнетиков.

Э-15 Вычислите ёмкость сферического конденсатора, представленного двумя концентрическими обкладками, радиусы которых R_1 и R_2 , диэлектрическая проницаемость вещества, заполняющего пространство между ними ϵ .

Э-16 Действие для электромагнитного поля. Преобразования полей при переходе из одной инерциальной системы отсчёта в другую. Релятивистские инварианты электромагнитного поля.

Э-17 Физический смысл компонент симметризованного тензора энергии-импульса электромагнитного поля. Вектор Пойнтинга и теорема Пойнтинга.

Э-18 Покажите, что канонический тензор энергии-импульса электромагнитного поля

$$T^{\mu\nu} = F^{\mu\lambda} \partial^\nu A_\lambda - \frac{1}{4} F_{\alpha\beta} F^{\alpha\beta} \eta^{\mu\nu}$$

не является калибровочно инвариантным в отличие от симметризованного тензора энергии-импульса электромагнитного поля

$$\Theta^{\mu\nu} = T^{\mu\nu} - F^{\mu\lambda} \partial_\lambda A^\nu$$

.

Э-19 Система уравнений Максвелла-Лоренца, материальные уравнения, условия на границе раздела двух диэлектриков, магнетиков.

Э-20 Оценить среднюю объёмную плотность электрических зарядов в атмосфере, если известно, что напряженность электрического поля на поверхности Земли составляет примерно 130В/м, а на высоте 1км – примерно 40В/м.

Э-21 Сила Ампера. Магнитное поле прямого постоянного тока. Сила взаимодействия двух коллинеарных постоянных токов.

Э-22 Магнитное поле равномерно медленно движущегося заряда. Закон Био-Савара-Лапласа, границы его области применимости.

Э-23 Применение теоремы Гаусса к расчету электростатических полей: найдите поле, порождаемое бесконечной равномерно заряженной (поверхностная плотность заряда σ) плоскостью, бесконечной равномерно заряженной нитью (линейная плотность заряда κ).

О Оптика

О-01 Дифракция света. Принцип Гюйгенса-Френеля. Метод зон Френеля. Классификация дифракционных явлений.

О-02 Временная и пространственная когерентность электромагнитных волн. Длина и радиус когерентности. Связь временной когерентности со степенью монохроматичности.

О-03 Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракционный интеграл. Пятно Пуассона-Араго. Дифракционная решётка, её характеристики.

- О-04** Электромагнитные волны в пространстве, свободном от зарядов и токов. Интерференция света: определение, общая схема и условия наблюдения интерференции. Интерференция в тонких пленках.
- О-05** Найти угловое распределение дифракционных минимумов при дифракции на решетке, период которой равен d , а ширина щели равна b .
- О-06** Цуг и монохроматическая волна. Длина волны, волновой вектор, волновое число. Волновая поверхность, фронт волны, фазовая скорость. Временная и пространственная когерентность электромагнитных волн.
- О-07** Диполь Герца. Электромагнитные волны. Поперечность электромагнитных волн.

К Квантовая механика

- К-01** Тепловое излучение и люминесценция. Равновесное тепловое излучение: свойства, спектральная плотность энергии, температура.
- К-02** Энергетический спектр квантовомеханического гармонического осциллятора.
- К-03** Докажите, что два наблюдаемых оператора коммутируют тогда и только тогда, когда обладают общей системой собственных функций. Раскройте физическое содержание этого утверждения.
- К-04** Абсолютно чёрное тело: испускательная способность, энергетическая светимость. Закон Стефана-Больцмана.
- К-05** Вычислите постоянную Стефана-Больцмана, воспользовавшись формулой Планка.
- К-06** Квантовомеханический гармонический осциллятор: представление чисел заполнения, энергетический спектр, волновые функции основного и первого возбуждённого состояний.
- К-07** Рассмотрите задачу об электроны в трёхмерной бесконечно глубокой потенциальной яме. Какова минимальная кинетическая энергия электрона? Чему равна кратность вырождения энергетического уровня $27\frac{\pi^2\hbar^2}{2mL^2} + U_0$ (где L ширина ямы)?
- К-08** Получите и прокомментируйте обобщенное соотношение неопределённостей Хайзенберга величин A и B : $\Delta A \Delta B \geq \frac{|\langle \hat{A}, \hat{B} \rangle|}{2}$
- К-09** Квантовомеханическое среднее, его временная эволюция.
- К-10** Покажите, что два наблюдаемых оператора коммутируют тогда и только тогда, когда имеют общую систему собственных функций. Приведите примеры совместных и несовместных наблюдаемых.
- К-11** Эксперимент Штерна-Герлаха. Гипотеза спина электрона. Оператор проекции спина на выделенное направление. Эксперименты с поляризованным пучком электронов.
- К-12** Получите матричные элементы оператора импульса в координатном представлении $\langle x' | \hat{p} | x \rangle$ и оператора координаты в импульсном представлении $\langle p' | \hat{x} | p \rangle$, прокомментируйте результаты.

- К-13** Стационарное уравнение Шрёдингера. Рассмотрите задачу о движении электрона в одномерном потенциале, представляющем собой ступеньку бесконечной ширины.
- К-14** Принцип неразличимости частиц одного сорта: математическая формулировка, следствия.
- К-15** Рассмотрите задачу об одномерном потенциальном барьере бесконечной ширины для случая, когда энергия микрообъекта превышает высоту потенциального порога, найдите коэффициенты отражения и прохождения.
- К-16**
- К-17** Определите характер зависимости от температуры электрической восприимчивости диэлектрика, состоящего из полярных молекул.
- К-18** Электрон в сферически симметричном потенциале. Главное, орбитальное, магнитное квантовые числа. Опыт Штерна-Герлаха. Гипотеза спина электрона.
- К-19** Воспользуйтесь соотношением Вина для спектральной плотности энергии, чтобы получить закон смещения Вина.
- К-20** Временная эволюция классической величины и временная эволюция квантовомеханического среднего. Интеграл движения в классической и квантовой механике.
- К-21** Для квантовомеханического гармонического осциллятора, состояние которого задаётся кет-вектором $|n\rangle$, вычислите $\Delta x \Delta p$, прокомментируйте результат.
- К-22** Спектр операторов \hat{J}^2 и \hat{J}_z (\hat{J} – оператор полного момента импульса).
- К-23** Рассмотрите задачу об электроны в бесконечно глубокой потенциальной яме. Чему равна минимальная кинетическая энергия электрона? Какова вероятность обнаружить электрон в интервале $\frac{L}{6} \leq x \leq \frac{L}{3}$ (где L ширина ямы) во втором возбуждённом состоянии?
- К-24** Магнитный момент атома, связанный с орбитальным моментом импульса электрона: квазиклассическое и квантовомеханическое рассмотрения.
- К-25** Постулаты квантовой механики: о квантовых состояниях, о физических величинах, об измерениях, динамический постулат.
- К-26** Сформулируйте теорему Эренфеста; прокомментируйте её на примере электрона в одномерном потенциале.
- К-27** Продемонстрируйте сохранение квадрата нормы волновой функции во времени. Вектор плотности тока вероятности. Получите уравнение непрерывности для плотности вероятности.
- К-28** Законы теплового излучения. Фотоэффект. Эффект Комптона.
- К-29** Сформулируйте постулат квантовой механики о физических величинах. Покажите, что все собственные значения эрмитова оператора суть вещественные числа.
- К-30** «Старая» квантовая теория: постулаты Бора и комбинационное правило Ритберга-Ритца.

- К-31** Запишите и прокомментируйте соотношения неопределённостей для \hat{x} и \hat{p} . Убедитесь в эрмитовости операторов \hat{p}_x и \hat{L}_x .
- К-32** Ультрафиолетовая катастрофа. Формула Рэлея-Джинса. Формула Планка.
- К-33** Найдите волновые функции основного и первого возбуждённого состояний квантовомеханического гармонического осциллятора.

Таблица соответствия

1	Э-01	К-01	Э-02	10	Э-10	К-06	К-17	19	О-02	К-18	О-05
2	Э-03	К-02	К-03	11	О-01	К-18	К-19	20	Э-17	К-22	К-07
3	Э-04	К-04	К-05	12	Э-11	К-20	К-21	21	О-06	К-30	Э-18
4	Э-05	К-06	К-07	13	Э-12	К-22	К-23	22	О-07	К-22	К-12
5	Э-06	К-08	Э-07	14	О-02	К-24	К-17	23	Э-19	К-25	К-31
6	Э-05	К-09	К-10	15	О-03	К-25	Э-13	24	О-01	К-14	Э-20
7	Э-08	К-11	К-12	16	О-04	К-26	К-27	25	Э-21	К-32	К-23
8	Э-09	К-13	Э-07	17	Э-14	К-28	Э-15	26	О-04	Э-16	К-33
9	Э-01	К-14	К-15	18	Э-17	К-26	К-29	27	Э-22	К-20	Э-23