ПРИЛОЖЕНИЕ А
ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «Теоретическая физика»

1. Перечень оценочных средств для компетенций, формируемых в результате освоения дисциплины

Код контролируемой компетенции	Способ оценивания	Оценочное средство
ОПК-1: Способен использовать фундаментальные законы природы и основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	Зачет; экзамен	Комплект контролирующих материалов для зачета; комплект контролирующих материалов для экзамена
ОПК-4: Способен самостоятельно проводить теоретические и экспериментальные исследования в избранной области технической физики, использовать основные приемы обработки и представления полученных данных, учитывать современные тенденции развития технической физики в своей профессиональной деятельности	Зачет; экзамен	Комплект контролирующих материалов для зачета; комплект контролирующих материалов для экзамена

2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания

Оцениваемые компетенции представлены в разделе «Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций» рабочей программы дисциплины «Теоретическая физика».

При оценивании сформированности компетенций по дисциплине «Теоретическая физика» используется 100-балльная шкала.

Критерий	Оценка по 100-балльной шкале	Оценка по традиционной шкале
Студент освоил изучаемый материал (основной и дополнительный), системно и грамотно излагает его, осуществляет полное и правильное выполнение заданий в соответствии с индикаторами достижения компетенций, способен ответить на дополнительные вопросы.	75-100	*Отлично*
Студент освоил изучаемый материал, осуществляет выполнение заданий в соответствии с индикаторами достижения компетенций с непринципиальными ошибками.	50-74	*Хорошо*
Студент демонстрирует освоение	25-49	*Удовлетворительно*

только основного материала, при выполнении заданий в соответствии с индикаторами достижения компетенций допускает отдельные ошибки, не способен систематизировать материал и делать выводы.		
Студент не освоил основное содержание изучаемого материала, задания в соответствии с индикаторами достижения компетенций не выполнены или выполнены неверно.	<25	*Неудовлетворительно*

3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки уровня достижения компетенций в соответствии с индикаторами

1.Применяя естественнонаучные знания и законы, математический аппарат и методы теоретической физики, решить задачи электростатики:
1) применение основных уравнений электростатики для расчета напряженности и потенциала полей, создаваемых заряженными телами; 2) определение потока вектора напряженности электростатического поля сквозь заданную поверхность;; 3) применение метода зеркальных изображений для расчета электростатического поля, создаваемого заряженными телами, и определения силы взаимодействия зарядов и проводников; 4) применение метода разложения электростатического поля по мультиполям.

Компетенция	Индикатор достижения компетенции
ОПК-1 Способен использовать фундаментальные законы природы и основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен использовать фундаментальные законы природы при решении задач
	ОПК-1.2 Применяет естественнонаучные знания при решении практических задач

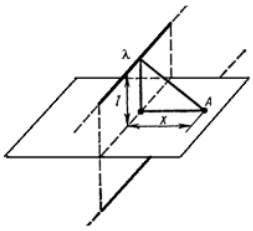
Примеры условий типовых задач

1. Применяя естественнонаучные знания, покажите, что в случае сферически-симметричного распределения зарядов ρ(r) вектор напряженности электрического поля направлен по радиусу-вектору: $\vec{E} \parallel \vec{r}$, и найдите распределение потенциала электрического поля, создаваемого шаром радиуса R, равномерно заряженным по объему.

2. Используя фундаментальные законы и применяя естественнонаучные знания, определите электростатический потенциал и напряженность электростатического поля, создаваемого равномерно заряженной до величины Q сферы, с известными внутренним r и внешним R радиусами. Проанализируйте характер поля во всей области пространства, постройте графики зависимости потенциала и напряженности поля от расстояния от центра сферы. Поясните, как влияют на результат геометрические размеры сферы (R/r)

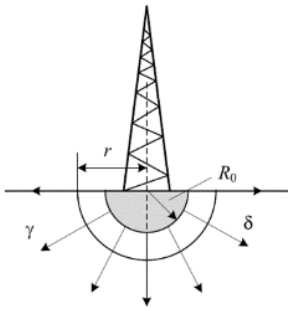
3. Используя фундаментальные законы и применяя естественнонаучные знания, определите потенциал и напряжённость электрического поля, создаваемого равномерно заряженным с линейной плотностью τ=q/l прямолинейным отрезком длиной l=2a, занимающим часть оси z от −a до +a; проанализируйте характер электрического поля заряженного отрезка, определите форму эквипотенциальных поверхностей и постройте их.

4. Тонкая бесконечно длинная нить имеет заряд λ на единицу длины и расположена параллельно безграничной проводящей плоскости. Расстояние между нитью и плоскостью равно l. Используя специальные методы электростатики, определите модуль вектора силы, действующей на единицу длины нити, найдите распределение поверхностной плотности индуцированного заряда σ (x) на плоскости, где x — расстояние от плоскости, перпендикулярной к проводящей поверхности и проходящей через нить. Проанализируйте и постройте полученные зависимости.



5. Напряженность некоторого электрического поля зависит от координат по закону $\vec{E} = \frac{a(x\vec{i}+y\vec{j})}{x^2+y^2}$, где a – постоянная. Исследуйте данное поле: 1) определите, является ли поле потенциальным; 2) в случае потенциальности поля найдите потенциальную функцию, его описывающую; 3) запишите уравнения силовых линий и эквипотенциальных поверхностей поля и постройте их; 4) найдите поток вектора напряженности электрического поля сквозь сферу радиусом R с центром в начале координат.

6. Фундамент металлической опоры, выполненный из хорошо проводящего материала в виде полусферы радиусом R_0=1 м, находится в земле с удельной проводимостью $\gamma = 2 \cdot 10^{-4}$ См/см и служит заземлителем. Используя метод зеркальных изображений, определите сопротивление заземлителя, выведите формулу и рассчитайте шаговое напряжение на расстоянии r=5 м от центра опоры при замыкании на опору провода напряжением U=10 кВ. Длину шага принять равной =0,7 м.



7. Используя фундаментальные законы и применяя естественнонаучные знания, определите тензор квадрупольного момента и электростатический потенциал на большом расстоянии от прямоугольного параллелепипеда, равномерно заряженного до величины Q. Проанализируйте характер поля этой области пространства, постройте график зависимости потенциала от расстояния до параллелепипеда. Поясните, как влияют на результат его геометрические размеры.

2.Применяя естественнонаучные знания и законы, математический аппарат и методы теоретической физики, решить задачи магнитостатики и квазистатики: 1)

применение основных уравнений для расчета напряженности, векторного и скалярного потенциалов полей, создаваемых электрическими токами; 2) определение магнитного момента замкнутых токов различной конфигурации; 2) применение теоремы о циркуляции для расчета магнитного поля, распределенными токами и их системами; 3) применение закона сохранения магнитного потока; 4) нахождение электродвижущей силы и коэффициента самоиндукции в квазистационарных процессах в веществе; 5) определение распределения и интенсивности излучения.

Компетенция	Индикатор достижения компетенции
ОПК-1 Способен использовать фундаментальные законы природы и основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен использовать фундаментальные законы природы при решении задач
	ОПК-1.2 Применяет естественнонаучные знания при решении практических задач

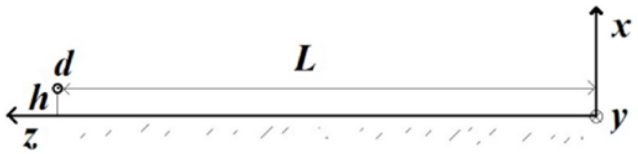
Примеры условий типовых задач

1. Применяя естественнонаучные знания и фундаментальные законы, определите магнитный момент, векторный потенциал и напряженность магнитного поля: а) на оси кольца известного радиуса и толщины, по которому течет ток известной величины; б) бесконечного цилиндрического проводника, по поверхности которого течет ток известной величины; в) квадрата, по которому течет линейный ток известной величины (исследуйте как изменяется характер поля по мере удаления от центра квадрата).

2. Применяя естественнонаучные знания и фундаментальные законы, определите векторный потенциал $\vec{A}$ и $\vec{B} = rot\,\vec{A}$ индукцию магнитного поля бесконечного прямого тока I. Найти уравнение силовых линий поля.

3. Применяя естественнонаучные знания и фундаментальные законы, определите полную среднюю интенсивность дипольного излучения электрона при его эллиптическом движении относительно протона в атоме водорода.

4. Применяя естественнонаучные знания и фундаментальные законы, решите следующую задачу. Линейный диполь $\vec{d} = qa\cos(\omega t)\vec{e}_y$ находится на высоте h от идеально ровной поверхности воды на расстоянии L от экрана, $L \gg h \gg c/\omega \gg a$. Исследуйте, как распределена интенсивность $I(x)$ электромагнитной волны на экране ($x_{max} \ll L$). Проанализируйте, как изменится $I(x)$, если диполь повернуть $\vec{d} = qa\cos(\omega t)\vec{e}_x$.



5. Применяя естественнонаучные знания и фундаментальные законы, исследуйте магнитное поле внутри и вне металлической сферы радиуса R, внутри которой по диаметру проходит тонкая проволочка радиуса $r_0 \ll R$, и по ней протекает ток I, сначала растекающийся по сфере, а затем снова сходящийся к проволоке. Оцените индуктивность системы.

6. Применяя естественнонаучные знания и фундаментальные законы, оцените силу взаимодействия двух равномерно заряженных шарика с зарядами q_1, q_2 и радиусами a_1, a_2, вращающихся без поступательного движения с угловыми скоростями $\vec{\omega}_1$ и $\vec{\omega}_2$, перпендикулярными отрезку l, соединяющему центры шаров ($l \gg a_1, a_2$).

7. , решите следующую задачу. Внутри тонкой проводящей цилиндрической оболочки радиуса b находится коаксиальный с ней сплошной провод радиуса a. По этим проводникам текут постоянные одинаковые токи J в противоположных направлениях. Применяя естественнонаучные знания и фундаментальные законы, определите основные характеристики магнитного поля (напряженность и векторный потенциал) во всем пространстве, проанализируйте и постройте полученные зависимости, сравните результаты с полем прямого тока.

8. По катушке сверхпроводящего соленоида течет постоянный ток I. Катушка совершает малые колебания по закону $l = l_0 + a\cos\omega t$. При этом на зажимах ее возникает переменное напряжение. Применяя естественнонаучные знания и законы, определите, какой амплитуды переменный ток той же частоты ω следует пропустить по катушке, чтобы на ее зажимах возникло такое же напряжение.

3.Применяя естественнонаучные знания и законы, математический аппарат и методы теоретической физики, решить модельные задачи квантовой механики: движение свободной частицы, движение частицы в потенциальной яме, линейный квантовый осциллятор, потенциальный порог, потенциальный барьер; расчёт энергии квантовой системы в различных модельных задачах

Компетенция	Индикатор достижения компетенции
ОПК-1 Способен использовать фундаментальные законы природы и основные законы	ОПК-1.1 Способен использовать фундаментальные законы природы при решении

естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	задач
	ОПК-1.2 Применяет естественнонаучные знания при решении практических задач

Примеры условий типовых заданий

1. Используя фундаментальные законы природы, определите распределение различных значений энергии и среднюю энергию, определив константу A из условия нормировки, для частицы, помещённой в бесконечно глубокую потенциальную яму ширины a (0<x<a) и находящейся в состоянии с волновой функцией $\Psi = A\ x\ (x - a)$. *Указание*: для нахождения распределения энергий рассмотреть $\langle\Psi|\varphi_n\rangle$, где φ_n – в.ф. n-го стационарного состояния.
2. Применяя естественнонаучные знания, найдите уровни энергии и нормированные волновые функции состояний дискретного спектра частицы в поле $U(x) = -\alpha\delta(x)$, где $\alpha > 0$. Используя полученный результат, определите средние значения кинетической и потенциальной энергий в этих состояниях.
3. Применяя естественнонаучные знания, определите ширину l ямы и энергию E частицы массы m, находящейся в основном состоянии в одномерной прямоугольной потенциальной яме с абсолютно непроницаемыми стенками. Указание: максимальное значение плотности вероятности местонахождения частицы в этом состоянии примите равным P_m.
4. Используя фундаментальные законы природы, докажите справедливость теоремы вириала для линейного гармонического осциллятора. Указание: выполните непосредственный расчет.
5. Применяя естественнонаучные знания, для электрона в атоме водорода, находящегося в стационарном состоянии, описываемом сферически симметричной волновой функцией $\Psi(r) = A(1 + a \cdot r)e^{\alpha r}$, где A,α,a –некоторые постоянные определите: 1) значение постоянных α, a и энергию E электрона (указание: с помощью уравнения Шрёдингера); 2) в каком квантовом состоянии находится электрон и какова кратность вырождения энергетического уровня; 3) среднее расстояние r электрона от ядра.

4.Применяя естественнонаучные знания и законы, математический аппарат и методы теоретической физики, решить задачи: 1) на применение приближенных методов решения квантово-механических задач; 2) на определение спина и его характеристик в квантовой механике.

Компетенция	Индикатор достижения компетенции
ОПК-1 Способен использовать фундаментальные законы природы и основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен использовать фундаментальные законы природы при решении задач
	ОПК-1.2 Применяет естественнонаучные знания при решении практических задач

Примеры условий типовых заданий

1. Используя фундаментальные законы природы, определите вероятность того, что проекция спина на направление x’, составляющее угол ϑ с осью x, будет иметь значение +1/2 и -1/2 и рассчитайте среднее значение проекции спина электрона на ось Ox, если известно, что проекция спина электрона на ось x с достоверностью имеет значение +1/2.
2. Применяя естественнонаучные знания, проверьте выполнение соотношения неопределенности для координаты и импульса частицы, совершающей линейные гармонические колебания.
3. Используя фундаментальные законы природы, рассмотрите эффект Штарка (расщепление энергетических уровней во внешнем однородном электрическом поле, направленном по оси z) в атоме водорода для состояния с главным квантовым числом n = 2 и установите, полностью ли при этом снимается вырождение энергетических уровней электрона..
4. Используя фундаментальные законы природы, Вычислить модуль магнитного момента атома в состоянии с квантовыми числами S = 1, L = 2 и фактором Ланде g = 4/3.
5. Используя квазиклассическое приближение и теорему вириала, определите вид энергетического спектра частицы в поле $V(x) = ax^{\nu}$ и сравните полученные результаты.
6. Применяя естественнонаучные знания, исследуйте, как изменятся разрешенные значения энергии заряженного квантового гармонического осциллятора, если поместить его в постоянное, однородное электрическое поле, и сравните точный ответ с первой поправкой к осцилляторным уровням энергии, если поле рассматривать как возмущение.
7. Используя фундаментальные законы природы, покажите, что L – орбитальный момент относительного движения двух α – частиц всегда является чётным числом (L =0, 2, 4,…).

5.Применяя естественнонаучные знания и законы, математический аппарат и методы теоретической физики, решить задачи квантовой механики на применение квантово-механических операторов: 1) определение средние значений; 2) расчет вероятности; 3) коммутационные соотношения.

Компетенция	Индикатор достижения компетенции
ОПК-1 Способен использовать фундаментальные законы природы и основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен использовать фундаментальные законы природы при решении задач
	ОПК-1.2 Применяет естественнонаучные знания при решении практических задач

Примеры условий типовых заданий

1. Применяя естественнонаучные знания, найдите матрицу преобразования компонент спиновой функции частицы со спином 1 при произвольном повороте системы координат V.
2. Применяя естественнонаучные знания, постройте оператор, эрмитово сопряжённый к (∂/∂r), где r – радиальная переменная в сферической системе координат.
3. Используя фундаментальные законы природы, рассчитайте произведение неопределённостей $\Delta x \cdot \Delta p_x$ для основного состояния частицы в бесконечно глубокой симметричной потенциальной яме ширины $2a$. Указание: $\Delta A^2 = \langle A^2 \rangle - \langle A \rangle^2$.
4. Применяя естественнонаучные знания, найдите среднее значение кинетической энергии частицы в состоянии $\Psi(x) = \frac{1}{\sqrt{2l}} e^{ikx}$, где к = p/ ħ. Функция Ψ(x) нормирована в интервале –l < x < l, вне этого интервала Ψ(x)=0.
5. Волновая функция частицы задана как $\psi(x, y, z) = \delta(x - a)\delta(y - b)\delta(z)$. Используя фундаментальные законы, установите, определены ли в этом состоянии координата, энергия и импульс частицы; найдите распределение вероятностей для импульса частицы и рассчитайте его среднее значение и дисперсию; определите среднее значение кинетической энергии частицы.

6.Применяя естественнонаучные знания и законы, математический аппарат и методы теоретической физики, решить задачи на применение: 1) основ теории вероятности и вероятностного подхода к описанию макроскопических систем и процессов; 2) законов статистического распределения в классической и квантовой статистике к модельным системам

Компетенция	Индикатор достижения компетенции
ОПК-1 Способен использовать фундаментальные законы природы и основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	ОПК-1.2 Применяет естественнонаучные знания при решении практических задач
ОПК-4 Способен самостоятельно проводить теоретические и экспериментальные исследования в избранной области технической физики, использовать основные приемы обработки и представления полученных данных, учитывать современные тенденции развития технической физики в своей профессиональной деятельности	ОПК-4.1 Способен проводить теоретические и экспериментальные исследования, учитывая современные тенденции развития технической физики

Примеры задач

1. Вероятность того, что x и y лежат в интервалах: $[x, x+dx]$ и $[y, y+dy]$ дается выражением:

$$dW(x, y) = Ce^{-a(x^2+y^2)}dxdy \quad (a > 0).$$

Применяя естественнонаучные знания, определите константу нормировки C, считая при этом, что областями измерения переменных x и y являются $[-l;\ +l]$ и $[-l;\ +l]$.

2. Применяя естественнонаучные знания, определите вероятность того, что значение величины x будет лежать в интервале $[x, x+dx]$.

3. Применяя естественнонаучные знания, вычислите дисперсию энергии в случае канонического распределения Гиббса

4. Применяя естественнонаучные знания и используя распределение Максвелла , найдите:

а) $\langle v^n \rangle, n > -2$;

б) $\langle v \rangle, \langle v^2 \rangle$;

в) v_0(наиболее вероятное значение величины скорости).

Проанализируйте полученные зависимости и постройте графики.

5. Применяя естественнонаучные знания, определите среднее число столкновений молекул одноатомного максвелловского газа с единичной площадью поверхности сосуда, в котором он находится, в единицу времени.

6. Применяя естественнонаучные знания, определите среднюю энергию молекул максвелловского газа в веерообразном пучке, который выходит через небольшое отверстие в стенке сосуда в вакуум, и среднее значение косинуса угла между направлением скорости вылетающих молекул и нормалью к стенке сосуда/

7. Применяя естественнонаучные знания, вычислите среднюю потенциальную энергию молекулы газа в поле тяжести.

8. Применяя естественнонаучные знания, вычислите плотность одночастичных состояний для нерелятивистского одноатомного ферми—бозе-газа с законом дисперсии $\varepsilon = {p^2}/{2m}$.

9. Применяя естественнонаучные знания, вычислите статистический интеграл идеального газа, содержащего N частиц, имеющих массу m, и занимающего объем V при температуре T.

10. Используя фундаментальные законы природы, определите термодинамические характеристики идеального двухатомного газа методом микроканонического распределения.

7.Применяя естественнонаучные знания и законы, математический аппарат и методы теоретической физики, решить задачи на определение: 1) характеристик макросистем в фазовом пространстве и применение распределения Гиббса; 2) термодинамических функций и параметров модельных систем

Компетенция	Индикатор достижения компетенции
ОПК-1 Способен использовать фундаментальные законы природы и основные законы	ОПК-1.1 Способен использовать фундаментальные законы природы при решении

естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	задач
ОПК-4 Способен самостоятельно проводить теоретические и экспериментальные исследования в избранной области технической физики, использовать основные приемы обработки и представления полученных данных, учитывать современные тенденции развития технической физики в своей профессиональной деятельности	ОПК-4.1 Способен проводить теоретические и экспериментальные исследования, учитывая современные тенденции развития технической физики

Примеры задач

1. Применяя естественнонаучные знания, найдите уравнение фазовой траектории для частицы, совершающей гармонические колебания по закону $x=A\cos(\omega t+\phi_0)$.
2. Используя фундаментальные законы природы, определите, чему равно приращение энтропии системы ΔS_{12} при переходе из состояния 1 в состояние Статистический вес второго состояния превосходит статистический вес первого состояния в 3 раза.
3. Применяя естественнонаучные знания, составьте уравнение фазовой траектории точки, свободно движущейся в поле тяготения.
4. Применяя естественнонаучные знания, определите фазовый объем, занимаемый одной нерелятивистской свободной частицей, находящейся в объеме V. (ОПК 1.2, ОПК-4.1)
5. Используя фундаментальные законы природы, вычислите изменение энергии Гиббса двух молей гелия в некотором процессе, если известно значение энтропии гелия равно S^o_{373}= 131.7 Дж/(моль· К). Мольная теплоемкость $C_p = 5/2\ R$, газ нагревают от 100 °С до 200 °С при p = 1 атм..
6. Применяя естественнонаучные знания, определите число осцилляторов, имеющих энергию, равную или большую заданной величины $\varepsilon_1 = \left(n_1 + \frac{1}{2}\right)\hbar\omega$ из общего числа N одинаковых независимых невзаимодействующих одномерных осцилляторов с собственной частотой ω.
7. Применяя естественнонаучные знания, с помощью большого канонического ансамбля Гиббса покажите, что вероятность того, что классическая система имеет N не взаимодействующих между собой частиц, дается распределением Пуассона.
8. Используя фундаментальные законы природы, определите фазовую траекторию для линейного гармонического осциллятора.

8.Опираясь на фундаментальные законы природы, применяя математический аппарат теоретической физики формулировать основные задачи электродинамики, проводить теоретические исследования, анализ и сравнение конкретных ситуаций, делать умозаключения и выводы на основе проведенных исследований по следующим темам:
1) основы СТО; 2) уравнения Максвелла, вывод и их физическое обоснование; 3) взаимодействие заряда с электромагнитным полем и уравнение движения заряженной частицы в электромагнитном поле; 4) постоянное электромагнитное поле (уравнения электростатики, постоянный электрический ток; уравнения магнитостатики) ; 5)

переменное электромагнитное поле (квазистационарные процессы, электромагнитные волны, их излучение и прохождение;) 6) электромагнитное поле в веществе.

Компетенция	Индикатор достижения компетенции
ОПК-1 Способен использовать фундаментальные законы природы и основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен использовать фундаментальные законы природы при решении задач
ОПК-4 Способен самостоятельно проводить теоретические и экспериментальные исследования в избранной области технической физики, использовать основные приемы обработки и представления полученных данных, учитывать современные тенденции развития технической физики в своей профессиональной деятельности	ОПК-4.1 Способен проводить теоретические и экспериментальные исследования, учитывая современные тенденции развития технической физики

Примеры заданий

5 семестр

1. Запишите преобразования Лоренца для координат и времени и разъясните их смысл. Сформулируйте задачу, решением которой являются преобразования Лоренца. Дайте определение интервала между событиями. Проанализируйте связь преобразований Лоренца с законом абсолютности интервала в псевдоевклидовом пространстве и, используя преобразования Лоренца, выведите закон преобразования промежутка между двумя событиями при его измерении в разных инерциальных системах отсчета. Поясните смысл и значение этого закона.
2. Применяя естественнонаучные знания, приведите конкретные примеры, иллюстрирующие необходимость разложения электростатического поля. Дайте определение электрического монополя, диполя и квадруполя и проведите разложение электростатического поля по ним. Поясните суть этих разложений. Проанализируйте вклад каждого из этих мультиполей на конкретном примере. Дайте понятие собственным колебаниям поля.
3. Применяя естественнонаучные знания и используя фундаментальные законы, сформулируйте условия, при которых электромагнитное поле будет постоянным, запишите и проанализируйте уравнения Максвелла для постоянного электромагнитного поля. Определите, в чем заключается основная задача электростатики, и, используя уравнения Максвелла, получите уравнения электростатики и запишите общее решение основной задачи электростатики в бесконечном и ограниченном пространстве. Решите основную задачу электростатики для случая, когда поле создается единственной покоящейся заряженной частицей, и покажите, что полученное решение удовлетворяет уравнениям Максвелла для электростатики
4. Применяя естественнонаучные знания и используя уравнения Максвелла, запишите уравнения поля для произвольно движущихся зарядов, получите и проанализируйте их решение в виде запаздывающих потенциалов.
5. Применяя естественнонаучные знания, приведите конкретные примеры физических явлений, подтверждающих, что электромагнитное поле обладает энергией и запишите закон сохранения энергии электромагнитного поля в интегральной форме и дифференциальной форме. Из уравнений Максвелла выведите формулы для плотности и потока энергии электромагнитного поля. Разъясните физический и математический смысл полученных выражений.
6. Применяя естественнонаучные знания и используя фундаментальные законы, сформулируйте условия, при которых электромагнитное поле будет постоянным, запишите и проанализируйте уравнения Максвелла для постоянного электромагнитного поля. Определите, в чем заключается основная задача магнитостатики, и, используя уравнения Максвелла, получите уравнения магнитостатики и запишите общее решение основной задачи магнитостатики с помощью электромагнитных потенциалов. Решите основную задачу магнитостатики для случая, когда поле создается единственным прямым тонким бесконечно длинным проводником с заданным током и покажите, что полученное решение удовлетворяет уравнениям Максвелла для магнитостатики.
7. Используя фундаментальные законы и применяя естественнонаучные знания, сформулируйте условия, при которых электрическое поле в проводящей среде можно

рассматривать как стационарное. Запишите уравнения Максвелла для этого случая, и, используя данные уравнения, получите закон Ома для однородного и неоднородного участков цепи (закон Джоуля-Ленца или законы Кирхгофа). Проанализируйте полученные уравнения, поясните их физический смысл, приведите примеры.

8. Используя фундаментальные законы и применяя естественнонаучные знания, приведите конкретные примеры физических явлений, подтверждающих, что электромагнитное поле обладает импульсом. Дайте строгое определение понятия «плотность импульса электромагнитного поля в данной точке пространства (x, y, z) в момент времени t и поясните его физический смысл. Используя основные характеристики электромагнитного поля запишите выражение, определяющее плотность импульса электромагнитного поля. Определите давление, которое оказывает на плоский экран, падающая на него плоская электромагнитная волна. Рассмотрите и сравните два случая: полное поглощение световой волны и ее полное отражение. Оцените давление световой волны (солнечный свет) на Землю.
9. Применяя естественнонаучные знания и используя фундаментальные законы, поясните необходимость введения и дайте определение скалярного и векторного электродинамического потенциалов и 4-потенциала в электродинамике, определите их связь с векторами ЭМП. Покажите, что ЭМП инвариантно (калибровки Лоренца и Кулона), как применяются электродинамические потенциалы в анализе ЭМП.
10. Используя уравнения Максвелла, получите уравнения Даламбера для электродинамических потенциалов, покажите связь уравнений Даламбера с уравнениями Пуассона и Лапласа. Запишите решение неоднородных уравнений Даламбера для электродинамических потенциалов. Поясните, в чем заключается метод запаздывающих потенциалов.
11. Применяя естественнонаучные знания, сформулируйте и поясните принцип перестановочной двойственности уравнений Максвелла в теории гармонических полей. Дайте понятие внутренней и внешней задач электродинамики, сформулируйте и приведите примеры применения следующих теорем: теоремы единственности решений задач электродинамики и теоремы взаимности. В чем заключается принцип эквивалентности в электродинамике? Приведите различные формулировки этого принципа. Сформулируйте и поясните леммы Лоренца и сопряженной леммы.
12. Применяя естественнонаучные знания введите понятие электромагнитных волн и сформулируйте условия, при которых они возникают. Запишите уравнение (в том числе и в 4-форме), описывающее распространение электромагнитных волн, и обоснуйте использование кулоновской калибровки. Поясните, в каком случае электромагнитную волну можно рассматривать как: а) плоскую; б) плоскую монохроматическую. Запишите и проанализируйте общее решение волнового уравнения в этих случаях, дайте понятие волнового вектора. Используя уравнения Максвелла, докажите поперечность электромагнитных волн. Поясните, почему фаза волны является инвариантом. Выбрав частный случай электромагнитной волны, прямой подстановкой убедитесь, что поле такой волны удовлетворяет уравнениям Максвелла.

9.Опираясь на фундаментальные законы природы, применяя математический аппарат теоретической физики формулировать основные задачи квантовой механики, проводить теоретические исследования, анализ и сравнение конкретных ситуаций, делать умозаключения и выводы на основе проведенных исследований по следующим темам: 1)

основные понятия, принципы и постулаты квантовой механики; 2) модельные задачи квантовой механики; 3) приближённые методы решения квантово- механических задач; 4) спин и его описание в квантовой механике

Компетенция	Индикатор достижения компетенции
ОПК-1 Способен использовать фундаментальные законы природы и основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	ОПК-1.2 Применяет естественнонаучные знания при решении практических задач
ОПК-4 Способен самостоятельно проводить теоретические и экспериментальные исследования в избранной области технической физики, использовать основные приемы обработки и представления полученных данных, учитывать современные тенденции развития технической физики в своей профессиональной деятельности	ОПК-4.1 Способен проводить теоретические и экспериментальные исследования, учитывая современные тенденции развития технической физики

Примеры заданий

6 семестр

1. Квантово-механическая система находится в состоянии с нормированной волновой функцией $\psi(x,t)$. В этой квантовой системе проводятся измерения некоторой физической величины A. Пусть оператор $\hat{A}$ имеет дискретный спектр собственных значений a_i. Используя постулаты квантовой механики, доказать, что вероятность того, что в результате измерений величины A в момент времени t будет обнаружено, что $A = a_i$, равна $W(A = a_i) = |\int f_i^*(x)\psi(x,t)dx|^2$
2. Согласно постулатам квантовой механики коэффициенты разложения волновой функции некоторого состояния $\psi(x,t)$ по собственным функциям оператора физической величины определяют вероятность наблюдения различных собственных значений. Доказать, что условие нормировки для найденных таким образом вероятностей будет выполнено автоматически, если волновая функция $\psi(x,t)$и собственные функции оператора нормированы на единицу.
3. Говорят, что физическая величина имеет определенное значение, если при многократных измерениях этой физической величины в одних и тех же условиях будет получено одно и то же значение. Доказать, что физическая величина A имеет определенное значение в состоянии, волновая функция которого ψ совпадает с одной из собственных функций оператора $\hat{A}$.
4. Эрмитов оператор, отвечающий некоторой физической величине A, имеет следующие собственные значения и отвечающие им ортонормированные собственные функции: $a_1 \leftrightarrow f_1(x)$, $a_2 \leftrightarrow f_{21}(x)$, $f_{22}(x)$, $a_3 \leftrightarrow f_3(x)$ (второе собственное значение двукратно вырождено). Квантово-механическая система находится в состоянии, описываемом нормированной волновой функцией

$$\Psi(x) = \frac{1}{3} f_1(x) + \sqrt{\frac{7}{18}} f_{21}(x) + \sqrt{\frac{1}{3}} f_{22}(x) + \sqrt{\frac{1}{6}} f_3(x)$$

Какие значения этой физической величины могут быть обнаружены в результате измерений и с какими вероятностями? Двумя способами найти среднее значение физической величины A и ее квадрата A^2 в этом состоянии: (а) используя формулу теории вероятностей для математического ожидания дискретной случайной величины, (б) вычисляя соответствующие квантовомеханические средние.

5. Пусть величина X является дискретной случайной величиной, то есть в каждом эксперименте, проводимом в одинаковых условиях, величина X может принимать дискретный ряд значений $x_1, x_2, x_3, \ldots$, причем заранее нельзя сказать, какое значение величина X примет в данном конкретном эксперименте. Пусть вероятности появления указанных значений в отдельном эксперименте равны соответственно $w_1, w_2, w_3, \ldots$. Выразить среднее арифметическое значение $\bar{x}$ результатов большого числа измерений величины X (которое в теории вероятностей принято называть математическим ожиданием) через возможные значения $x_1, x_2, x_3, \ldots$ и их вероятности $w_1, w_2, w_3, \ldots$

10.Опираясь на фундаментальные законы природы, применяя математический аппарат теоретической физики формулировать основные задачи статистической физики,

проводить теоретические исследования, анализ и сравнение конкретных ситуаций, делать умозаключения и выводы на основе проведенных исследований по следующим темам: 1) основы классической статистической физики; 2) статистическая термодинамика; 3) свойства идеальных и реальных газов; 3) квантовая статистика.

Компетенция	Индикатор достижения компетенции
ОПК-1 Способен использовать фундаментальные законы природы и основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен использовать фундаментальные законы природы при решении задач
ОПК-4 Способен самостоятельно проводить теоретические и экспериментальные исследования в избранной области технической физики, использовать основные приемы обработки и представления полученных данных, учитывать современные тенденции развития технической физики в своей профессиональной деятельности	ОПК-4.1 Способен проводить теоретические и экспериментальные исследования, учитывая современные тенденции развития технической физики

Примеры заданий

7 семестр

1. При термоэлектронной эмиссии происходит вылет электронов с поверхности металла или полупроводника. Предполагая, что а) вылеты электронов являются статистически независимыми событиями и б) вероятность вылета одного электрона за бесконечно малый промежуток времени t равна λdt, где λ– постоянная величина, определить вероятность вылета N электронов за время t.
2. Определить вклад в термодинамические функции идеального газа Больцмана от нормальных колебаний молекулы с частотой ω в модели «гармонический осциллятор»
3. Рассмотреть распределение Пуассона для числа частиц в предельном случае, когда .$n \gg 1, \Delta n = n - \bar{n} \ll 1$.
4. Разреженный газ находится в сосуде при давлении P. Определить скорость истечения $v_{\text{ист}}$ частиц газа в вакуум через небольшое отверстие площадью S_0 при использовании распределения Максвелла по скоростям.
5. Определить температурную зависимость плотности числа частиц с импульсом $\vec{p} = 0$ (плотности конденсата Бозе –Эйнштейна) в идеальном газе бозонов с нулевым спином при заданной плотности ρ числа частиц и температурах $T < T_0$, где T_0– температура конденсации Бозе –Эйнштейна

$$T_0 = \frac{2\pi\hbar^2}{mk_B}\left(\frac{\rho}{\xi(3/2)}\right)^{\frac{2}{3}}.$$

Учесть, что

$$\frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_0^\infty \frac{x^{\frac{1}{2}}}{e^x - 1}dx = \xi(3/2).$$

6. Определить внутреннюю энергию U, энтропию S, давление p и теплоемкость Cv идеального газа Больцмана, состоящего из классических молекул, которые соответствуют модели «гармонический осциллятор – жесткий ротатор», а атомы имеют разные массы m1 и m2. Учесть, что

$$\int_{-\infty}^{\infty} e^{-\alpha x^2}dx = \sqrt{\frac{\pi}{\alpha}}.$$

4. Файл и/или БТЗ с полным комплектом оценочных материалов прилагается.