

ПРОГРАМА КУРСІВ КАФЕДРИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ ФІЗИКИ

Механіка

Вступ

Предмет фізики. Роль фізики у процесі пізнання матеріального світу. Еволюція фізичних ідей. Сучасна фізика і науково-технічний прогрес. Механіка. Основна задача механіки. Основні розділи механіки. Сучасні уявлення про простір і час. Матеріальна точка, абсолютно тверде тіло та суцільне середовище як моделі, що використовуються у класичній механіці. Математичний апарат механіки.

Кінематика матеріальної точки та абсолютно твердого тіла

Відносність механічного руху. Система відліку. Опис руху матеріальної точки у векторній та координатній формах: радіус-вектор матеріальної точки, траєкторія, вектор переміщення матеріальної точки, довжина шляху, середня та миттєва швидкості, середнє та миттєве прискорення. Галілеєве перетворення координат. Правило додавання швидкостей у класичній механіці. Нормальне та тангенціальне прискорення матеріальної точки при криволінійному русі. Елементарний кут повороту. Вектори кутових швидкості та прискорення. Частота та період обертання. Співвідношення між кутовими та лінійними кінематичними величинами. Поступальний та обертальний рух твердого тіла. Довільний рух твердого тіла як суперпозиція його поступального і обертального рухів. Миттєва вісь обертання.

Класична динаміка матеріальної точки та системи матеріальних точок

Взаємодія між тілами. Типи взаємодій у природі. Сила і механічний рух. Перший закон Ньютона. Інерціальні системи відліку. Інерція. Поняття про інертну масу. Основні сили, що розглядаються у механіці. Другий закон Ньютона. Імпульс. Імпульс сили. Інтегральна форма основного закону динаміки. Третій закон Ньютона. Використання законів Ньютона для розв'язування фізичних задач. Імпульс. Момент імпульсу матеріальної точки. Момент сили. Рівняння моментів для матеріальної точки. Система матеріальних точок. Центр мас системи. Закон руху центра мас. Імпульс системи матеріальних точок. Ізольована система. Закони зміни та збереження імпульсу та моменту імпульсу системи матеріальних точок. Рівняння моментів для системи матеріальних точок.

Механічна робота та енергія

Робота сили. Потужність. Кінетична енергія. Потенціальна енергія. Потенціальні та непотенціальні силові поля. Консервативні та неконсервативні сили. Зв'язок між консервативною силою та потенціальною енергією. Потенціальна енергія тіла, піднятого над поверхнею Землі. Потенціальна енергія пружно деформованого тіла. Повна механічна енергія тіла, системи тіл. Закон збереження механічної енергії. Зв'язок законів збереження із симетрією простору-часу.

Рух тіл із змінною масою

Приклади та характеристики руху тіл, маса яких змінюється. Реактивний рух. Реактивна сила. Рівняння Мещерського. Формула Ціолковського. Відомості про реактивні двигуни. Внесок українських вчених у розвиток космонавтики.

Зіткнення тіл

Загальні характеристики механічних процесів, що відбуваються при зіткненні тіл. Удар. Центральний удар. Абсолютно пружний та абсолютно непружний удари. Закони зіткнення тіл і сучасні методи дослідження елементарних частинок.

Всесвітнє тяжіння

Закони Кеплера і закон всесвітнього тяжіння. Поняття про гравітаційну масу. Еквівалентність гравітаційної та інертної мас. Гравітаційна стала та способи її визначення. Визначення маси Землі. Сила тяжіння. Невагомість. Робота у полі тяжіння. Потенціальна енергія тіла у гравітаційному полі. Потенціал поля тяжіння. Зв'язок між потенціалом поля тяжіння і його напруженістю. Рух у гравітаційному полі. Космічні швидкості. Рух штучних супутників Землі. Залежність прискорення сили тяжіння Землі від широти місцевості. Пояснення причин припливів та відпливів. Енергія гравітаційної взаємодії двох точкових мас. Гравітаційна енергія однорідної кулі.

Неінерціальні системи відліку у класичній механіці

Неінерціальні системи відліку. Взаємозв'язок між швидкостями та прискореннями у різних системах відліку. Сили інерції та їх прояв. Сили інерції при прискореному поступальному русі системи відліку. Сили інерції, що діють на тіло у системі відліку, яка обертається: відцентрова сила інерції, сила Коріоліса. Принцип еквівалентності. Вплив добового обертання Землі на рух тіл біля її поверхні та на їх вагу.

Елементи механіки твердого тіла

Моделі уявлення про абсолютно тверде тіло як систему жорстко зв'язаних матеріальних точок. Центр мас твердого тіла. Моменти інерції точки та тіла відносно осі обертання. Приклади аналітичного розрахунку моментів інерції деяких однорідних тіл. Теорема Гюйгенса-Штейнера. Рівняння динаміки обертального руху твердого тіла. Плоский рух твердого тіла. Кінетична енергія обертального руху. Повна кінетична енергія при плоскому русі твердого тіла. Робота зовнішніх сил при обертанні твердого тіла. Закони збереження при поступальному та обертальному рухах твердого тіла. Вільні осі обертання. Гіроскопи та особливості їх руху. Прецесія і нутація гіроскопів. Гіроскопічні сили. Приклади використання гіроскопів.

Елементи статички твердого тіла

Умови рівноваги твердого тіла. Методи визначення центру мас. Пара сил. Принцип мінімуму потенціальної енергії у стійкому положенні твердого тіла.

Деформації і напруження у твердих тілах

Механічні напруження. Деформація. Відносна деформація. Пружна і пластична деформації. Закон Гука. Модуль Юнга. Зсув і кручення. Модуль зсуву. Деформація і модуль всебічного стиску. Коефіцієнт Пуассона. Діаграма механічного напруження.

Елементи механіки рідин і газів

Властивості рідин та газів. Тиск у рідинах та газах. Закони гідростатики (Архімеда, Паскаля). Ідеальна рідина. Стаціонарний рух ідеальної рідини. Лінії та трубки течії. Рівняння нерозривності. Рівняння Бернуллі та фізичний зміст його складових. Формула Торрічеллі. В'язкість (внутрішнє тертя) рідин та газів. Сила внутрішнього тертя. Ламінарна і турбулентна течії. Число Рейнольдса. Течія рідини у горизонтальній циліндричній трубі. Формула Пуазейля. Рух тіл у рідинах і газах. Метод подібності. Формула Стокса. Підійальна сила і лобовий опір. Ефект Магнуса.

Механічні коливання і механічні хвилі у пружному середовищі

Періодичні процеси. Механічні гармонічні коливання і їх кінематичні характеристики: амплітуда, фаза, початкова фаза, період, частота, колова (циклічна) частота. Рівняння гармонічних коливань. Векторна модель гармонічних коливань. Комплексна форма запису законів гармонічних коливань. Математичний та фізичний маятники. Енергія гармонічного осцилятора. Додавання гармонічних коливань одного напрямку. Биття. Додавання взаємно-перпендикулярних коливань. Фігури Ліссажу. Вільні затухаючі механічні коливання, їх диференціальне рівняння та його розв'язок. Коефіцієнт згасання, декремент згасання, логарифмічний декремент згасання, добротність коливальної системи. Вимушені механічні коливання, їх диференціальне рівняння та його розв'язок. Механічний резонанс. Параметричний резонанс. Поширення коливань у пружному середовищі. Пружна гармонічна хвиля і її характеристики: довжина хвилі, частота, хвильовий фронт, хвильова поверхня, хвильове число, фаза хвилі. Біжучі плоскі, сферичні та циліндричні хвилі. Хвильове рівняння, яке описує поширення пружних хвиль у однорідному ізотропному середовищі. Енергія хвильового руху. Потік і густина потоку енергії. Вектор Умова. Принцип суперпозиції. Інтерференція пружних хвиль. Стоячі хвилі. Дифракція хвиль. Принцип Гюйгенса. Звук. Інтенсивність та тембр звуку. Джерела звуку. Ефект Доплера у акустиці.

Елементи релятивістської механіки

Відхилення від законів механіки Ньютона. Дослід Майкельсона. Постулати спеціальної теорії відносності. Перетворення Лоренца. Наслідки із перетворень Лоренца. Відносність одночасності подій у різних системах відліку, довжина тіла у різних системах відліку, власна довжина. Відносність інтервалу часу між подіями, власний час. Інтервал. Інваріантність інтервалу. Типи інтервалів та їх особливості. Релятивістський закон додавання швидкостей. Релятивістський імпульс. Основне рівняння релятивістської динаміки. Повна енергія релятивістської частинки. Енергія спокою. Кінетична енергія. Взаємозв'язок між енергією та імпульсом, між масою та енергією у релятивістській механіці. Збереження енергії, імпульсу і моменту імпульсу у релятивістській механіці.

Молекулярна фізика

Вступ

Предмет і задачі молекулярної фізики і термодинаміки.. Поняття про термодинамічну систему і основні методи її опису. Мікро- і макропараметри

системи. Об'єм, тиск, температура та їх вимірювання. Термометричне тіло. Емпіричні температурні шкали. Поняття про рівняння стану. Термодинамічна рівновага системи. Поняття про процес. Рівноважні і нерівноважні процеси.

Елементи молекулярно-кінетичної теорії. Ідеальний газ

Основні положення і експериментальне підтвердження молекулярно-кінетичної теорії. Маса і розміри молекул. Відносна атомна і молекулярна маси. Атомна одиниця маси. Моль. Молярна маса. Число Авогадро. Газоподібний, рідкий та твердий стани речовини з точки зору основних положень молекулярно-кінетичної теорії. Експериментальні газові закони: Бойля - Маріотта, Гей-Люссака, Шарля, Дальтона, Авогадро. Ідеальний газ як модель найбільш простої статистичної системи. Рівняння стану ідеального газу: Клапейрона, Клапейрона-Менделєєва. Універсальна газова стала. Число Лошмідта. Основне рівняння кінетичної теорії ідеального газу. Молекулярно-кінетичне (статистичне) тлумачення тиску та температури. Стала Больцмана. Ідеально - газова шкала температур. Поняття про абсолютний нуль. Ідеальний газ у полі сили тяжіння Землі. Барометрична формула. Макро- і мікростани статистичної системи та співвідношення між ними. Статистичні закономірності. Середні значення (за часом та за ансамблем). Флуктуації. Ергодична гіпотеза. Статистичні ансамблі. Основні поняття теорії ймовірностей. Теореми про добуток та додавання ймовірностей. Функція розподілу ймовірностей, густина ймовірностей. Обчислення середніх величин з використанням функцій розподілу. Поняття про фазовий простір. Розподіл Максвелла за компонентами та за модулем швидкості. Найбільш імовірна, середня арифметична, середня квадратична швидкості. Максвеллівський розподіл молекул за енергіями. Експериментальне підтвердження розподілу Максвелла. Розподіл Больцмана. Досліди Перрена з визначення числа Авогадро. Розподіл Максвелла - Больцмана. Вплив флуктуацій на чутливість вимірювальних приладів.

Основи термодинаміки

Основні визначення та межі застосування законів термодинаміки. Внутрішня енергія. Робота і теплота. Фізичний зміст, аналітична форма запису та різні формулювання першого закону термодинаміки. Теплоємність термодинамічної системи. Рівняння Майера. Ступені вільності та внутрішня енергія молекул ідеального газу. Теорема Больцмана - Максвелла про рівномірний розподіл енергії за ступенями вільності поступального та обертального руху молекул. Розходження класичної теорії теплоємності ідеального газу з експериментом. Адіабатний процес. Рівняння Пуассона. Політропний процес. Робота, яку виконує ідеальний газ при ізопроцесах, при адіабатному та політропному процесах. Колові процеси. Оборотні і необоротні процеси. Робота при коловому процесі. Теплові двигуни та холодильники. Цикл Карно ідеального газу та його коефіцієнт корисної дії. Теорема Карно. Рівняння і нерівність Клаузіуса. Різні формулювання другого закону термодинаміки та їх еквівалентність. Абсолютна термодинамічна шкала температур. Ентропія. Термодинамічна ймовірність. Статистична вага. Зв'язок ентропії з ймовірністю стану системи. Формула Больцмана. Статистичний характер другого закону термодинаміки. Принцип Ле Шательє-Брауна. Теорема Нернста, як третій закон термодинаміки. Недосяжність абсолютного нуля температури. Метод циклів і метод термодинамічних функцій (потенціалів). Внутрішня енергія, вільна енергія, ентальпія, термодинамічний потенціал Гіббса та їх диференціали. Фізичний зміст термодинамічних функцій. Співвідношення Максвелла, рівняння Гіббса -

Гельмгольца. Хімічний потенціал. Умови термодинамічної рівноваги. Елементи термодинаміки необоротних процесів.

Явища переносу в ідеальних газах

Загальна характеристика явищ переносу. Зіткнення між молекулами. Ефективний поперечний переріз зіткнення молекул. Ефективний діаметр молекул. Середня довжина вільного пробігу молекул. Дифузія в газах. Закони дифузії Фіка. В'язкість (внутрішнє тертя) у газах. Теплопровідність в газах. Залежність коефіцієнтів дифузії, в'язкості, теплопровідності від тиску та температури. Співвідношення між коефіцієнтами переносу. Вакуум. Одержання та вимірювання низьких тисків. Ефузія.

Реальні гази

Загальна характеристика реальних газів. Відхилення поведінки реальних газів від законів ідеального газу. Сили та потенціальна енергія міжмолекулярної взаємодії. Рівняння стану та ізотерми газу Ван-дер-Ваальса. Фізичний зміст сталих, що входять у рівняння Ван-дер-Ваальса. Критичний стан речовини. Закон відповідних станів. Порівняльна характеристика експериментальних ізотерм газу Ендрюса і розрахованих теоретично ізотерм газу Ван-дер-Ваальса. Метастабільний стан. Перегріта рідина та переохолоджена пара. Насичена пара. Внутрішня енергія реального газу. Теплоємність та ентропія реального газу. Ефект Джоуля-Томсона. Температура інверсії. Скраплення газів та одержання низьких температур.

Елементи фізики рідини

Загальні властивості та будова рідин. В'язкість (внутрішнє тертя) рідин. Дифузія у рідинах. Поверхневий шар рідини. Поверхневий натяг. Кривизна поверхні і додатковий (лапласівський) тиск. Формула Лапласа. Взаємодія рідин з поверхнею твердого тіла. Змочування. Капілярні явища. Висота піднімання рідини у циліндричних капілярних трубках. Вплив викривленої поверхні на тиск насиченої пари. Змочування та капілярні явища в природі та техніці. Поверхнево-активні речовини. Адсорбція. Флотація. Термодинаміка поверхневих явищ.

Елементи фізики твердого тіла

Загальні властивості кристалічних та аморфних твердих тіл. Основні характеристики кристалів. Ближній та дальній порядки. Полікристали. Монокристали. Щільно упаковані кристалічні решітки. Іонні кристали. Металічні кристали. Ковалентні кристали. Молекулярні кристали. Квазікристали. Рідкі кристали. Загальні відомості про фулерени. Дефекти у реальних кристалах. Механізми утворення точкових дефектів. Дифузія у твердих тілах. Лінійні дефекти: крайові та гвинтові дислокації. Поняття про дислокаційний механізм пластичної деформації. Характер теплового руху у кристалах. Теплове розширення твердих тіл. Теплоємність твердих тіл. Закон Дюлонга і Пті. Поняття про квантову теорію теплоємності твердих тіл. Фонони. Температура Дебая. Закон Дебая. Теплопровідність твердих тіл.

Фазові переходи. Розчини і сплави

Поняття про фази. Фазова рівновага. Фазові переходи першого та другого родів. Правило фаз Гіббса. Рівняння Клайперона-Клаузіуса. Випаровування та кипіння.

Залежність тиску насиченої пари від температури. Фазові діаграми. Потрійна точка. Співвідношення Ернфеста. Поліморфні перетворення. Надплинність. Сублімація, плавлення та кристалізація твердих тіл. Загальна характеристика розчинів. Розчинність. Рідкі розчини. Закон Генрі. Кипіння суміші рідин. Закони Рауля. Осмос і осмотичний тиск. Закон Вант-Гоффа. Сплави. Тверді розчини. Евтектика. Хімічні сполуки. Діаграми стану подвійних систем з різним характером взаємної розчинності складових компонент.

Електрика і магнетизм

Вступ

Електромагнітні явища у природі. Електричний заряд та його дискретність. Інваріантність заряду. Закон збереження заряду. Розвиток уявлень про природу електромагнетизму. Системи одиниць у електродинаміці.

Постійне електричне поле у вакуумі

Предмет електростатики. Закон Кулона. Вектор напруженості електричного поля, силові лінії. Напруженість поля точкового заряду у вакуумі. Принцип суперпозиції. Використання принципу суперпозиції при розв'язанні задач електростатики. Теорема Гаусса в інтегральній та диференціальній формі. Застосування теореми Гаусса для розрахунків напруженості електростатичних полів: поле рівномірно заряджених кулі, циліндра, сферичної і циліндричної оболонки, нескінченної прямолінійної нитки. Робота по переміщенню заряду в електростатичному полі. Циркуляція вектора напруженості. Потенціал електростатичного поля, різниця потенціалів. Зв'язок потенціалу з напруженістю поля. Еквіпотенціальні поверхні. Потенціал поля точкового заряду, системи точкових зарядів та неперервно зарядженого тіла. Рівняння Лапласа і Пуассона, їх розв'язання у найпростіших випадках: рівномірно заряджені площина, куля, циліндр, нескінченна прямолінійна нитка. Електричний диполь, дипольний момент. Потенціал і напруженість поля диполя. Енергія диполя у зовнішньому полі. Сила і момент сил, що діють на диполь у зовнішньому однорідному й неоднорідному полях. Теорема Ірншоу. Електричне поле довільної системи зарядів на великій відстані від неї. Дипольний момент системи зарядів. Квадруполь. Окуполь.

Електричне поле у матеріальних середовищах

Провідники у електростатичному полі. Розподіл зарядів на поверхні провідника. Напруженість поля біля поверхні провідника. Силові лінії та еквіпотенціальні поверхні за наявності провідників. Метод зображень. Конденсатори. Ємність плоского, сферичного і циліндричного конденсаторів. Паралельне і послідовне з'єднання конденсаторів. Електростатичне поле у діелектриках. Мікро- і макрополе. Молекулярний механізм поляризації, полярні і неполярні молекули. Об'ємні та поверхневі зв'язані заряди. Напруженість поля у діелектрику. Вектор поляризації. Опис розподілу зв'язаних зарядів за допомогою вектора поляризації. Вектор електричної індукції (вектор зміщення). Діелектрична проникність. Теорема Гаусса для векторів напруженості, індукції і поляризації. Граничні умови на поверхні

розподілу діелектриків, заломлення силових ліній. Ємність конденсатора з діелектриком.

Енергія електростатичного поля. Енергія взаємодії точкових зарядів. Власна енергія заряджених тіл. Об'ємна густина енергії електричного поля.

Постійний електричний струм

Струм вільних зарядів, сила струму, густина струму. Рівняння неперервності в інтегральній і диференціальній формі. Закон Ома у диференціальній формі. Питомий опір і провідність. Закон Ома для ділянки ланцюга, опір тонких провідників. Сторонні сили, електрорушійна сила. Закон Ома для замкнутого кола. Закон Джоуля - Ленца. Лінійні ланцюги. Правила Кірхгофа.

Постійне магнітне поле у вакуумі

Магнітне поле, дослід Ерстеда. Вектор магнітної індукції. Магнітне поле заряду, що рухається рівномірно. Силові лінії магнітного поля. Магнітне поле лінійного й об'ємного елементів струму, закон Біо-Савара-Лапласа. Принцип суперпозиції для магнітного поля.

Теорема про циркуляцію індукції магнітного поля. Теорема Гаусса для індукції магнітного поля. Використання теореми Гаусса, теореми про циркуляцію, принцип суперпозиції у розрахунках магнітних полів найпростіших систем: нескінченний прямолінійний струм, площина з поверхневим струмом, магнітне поле колового витка на його осі, магнітне поле в масивному циліндричному провіднику зі струмом і у коаксіальному кабелі, поле в соленоїді і тороїді. Взаємодія провідників зі струмом, сила Ампера. Сила Лоренца. Рух заряджених частинок у магнітному та електричному полях. Магнітний момент замкнутого плоского витка зі струмом. Сили і момент сил, що діють на магнітний момент у зовнішньому однорідному й неоднорідному полі. Енергія магнітного моменту в зовнішньому полі.

Електромагнітна індукція

Явище електромагнітної індукції. Закон електромагнітної індукції Фарадея, електрорушійна сила індукції. Правило Ленца. Струми Фуко. Явище самоіндукції, індуктивність. Взаємна індукція. Індуктивності найпростіших систем: циліндричний провідник, соленоїд.

Енергія котушки індуктивності зі струмом. Енергія магнітного поля. Об'ємна густина енергії магнітного поля.

Магнітне поле у речовинах

Модель молекулярних струмів. Вектор намагніченості. Мікро - і макрополе у магнетику. Вектор магнітної індукції і вектор напруженості магнітного поля у магнетику. Магнітна сприйнятливості і магнітна проникність. Парамагнетики, діамагнетики, феромагнетики. Постійні магніти. Теореми про циркуляцію і теореми Гаусса для векторів поля у магнетику. Граничні умови для векторів магнітного поля на поверхні розподілу магнетиків. Мікроскопічні механізми намагнічування. Магнітні властивості атомів і молекул. Спін і власний магнітний момент. Орбітальні, спінові гіромагнітні відношення. Природа діамагнетизму, ларморова прецесія. Діамагнітна сприйнятливості. Природа парамагнетизму, парамагнітні атоми. Парамагнітна сприйнятливості і її залежність

від температури, закон Кюрі. Основні• відомості про теорію Ланжевена. Феромагнетизм, антиферомагнетизм та їх природа. Крива намагнічування феромагнетику, петля гістерезису. Залишкова намагніченість, коерцитивна сила. Насичення. Залежність феромагнітних властивостей від температури, закон Кюрі - Вейса. Точка Кюрі. Домени і доменні межі, механізм перемагнічування. Робота перемагнічування. Ефект Ейнштейна-де Гааза. Ефект Барнетта. Енергія магнітного поля у магнетиках.

Електропровідність різних середовищ

Природа носіїв струму в металах і напівпровідниках, експериментальне виявлення вільних зарядів. Залежність електропровідності металів і напівпровідників від температури. Залишковий електроопір. Теплоємність металів, закон Відемана-Франца. Класична теорія електропровідності і її недоліки. Ефект Холла Уявлення про зонну теорію твердих тіл. Колективізовані електрони. Розподіл Фермі, ферміївські енергія й імпульс. Електронна й діркова провідності, донори й акцептори. Уявлення про мікроскопічні механізми провідності металів і напівпровідників. Фонони. Механізм електроопору. Кінетична природа закону Ома. Контактна різниця потенціалів. Ефект Зеєбека, термоелектрорушійна сила. Ефект Пельтьє, тепло Пельтьє. Ефект Томсона. Робота виходу, термо- й автоелектронна емісія.

Електропровідність електролітів і її залежність від температури. Закон електролізу Фарадея.

Електропровідність газів, іонізація і рекомбінація. Іонна лавина, типи газових розрядів.

Уявлення про плазму. Плазмова частота. Надпровідний перехід, критична температура, критичне поле. Надпровідники першого та другого роду. Високотемпературна надпровідність. Ідеальний діамагнетизм, ефект Мейснера. Мікроскопічний механізм надпровідності. Застосування надпровідності в науці і техніці.

Рівняння Максвелла і електромагнітні хвилі

Струм зміщення. Рівняння Максвелла в інтегральній і диференціальній формі. Фізичний зміст окремих рівнянь максвеллівської системи. Матеріальні співвідношення. Закон збереження енергії електромагнітного поля. Потік енергії електромагнітного поля, вектор Пойнтінга. Імпульс електромагнітного поля. Електромагнітні хвилі. Хвильове рівняння. Хвильова поверхня. Фронт хвилі. Плоскі і сферичні електромагнітні хвилі: амплітуда, фаза хвиль, частота, довжина хвилі, хвильовий вектор, фазова швидкість. Плоскі електромагнітні хвилі. Збіжні і розбіжні сферичні хвилі. Циліндричні хвилі. Стоячі хвилі. Поперечність електромагнітної хвилі. Поляризація електромагнітної хвилі: лінійна, еліптична, колова. Потік енергії в електромагнітній хвилі. Дослідження електромагнітних хвиль, досліди Герца. Випромінювання електромагнітних хвиль та його інтенсивність. Дипольне випромінювання. Антени. Напівхвильовий вібратор. Прийом і передача модульованих радіосигналів. Інваріантність рівнянь електромагнітного поля відносно перетворень Лоренца. Перетворення векторів електромагнітного поля при переході від однієї інерціальної системи до іншої. Інваріанти електромагнітного поля.

Квазістаціонарне електромагнітне поле

Квазістаціонарний змінний струм, квазістаціонарне поле. Ланцюги з джерелами змінних електрорушійних сил, активний, індуктивний і ємнісний опір, імпеданс. Синусоїдальний струм. Робота і потужність у ланцюгу змінного струму. Коливальний контур, резонансна крива, логарифмічний декремент згасання, добротність контуру, смуга пропускання. Індуктивно зв'язані контури. Трансформатори і автотрансформатори. Скін-ефект, глибина проникнення. Трифазний струм і його застосування у техніці.

Оптика

Вступ

Предмет оптики. Природа світла. Еволюція уявлень про світло. Шкала електромагнітних хвиль, оптичний діапазон. Тиск світла. Експериментальні методи вимірювання швидкості світла. Відбиття та заломлення плоскої електромагнітної хвилі на межі розділу діелектриків. Абсолютний та відносний показники заломлення.

Елементи фотометрії та геометрична оптика

Світловий потік. Спектральна чутливість ока. Головні фотометричні величини та одиниці. Зв'язок між енергетичними і світловими характеристиками випромінювання.

Геометрична оптика як граничний випадок хвильової оптики. Рівняння ейконалу. Принцип Ферма. Закони геометричної оптики. Явище повного внутрішнього відбиття, світловоди та їх використання. Плоске та сферичне дзеркало. Формула сферичного дзеркала. Формула тонкої лінзи. Побудова зображень у дзеркалах та лінзах. Загальні відомості про товсті лінзи. Центрована оптична система, її кардинальні елементи. Формула центрованої системи. Аберації оптичних систем. Оптичні прилади.

Інтерференція світла

Двопроменева інтерференція. Векторна діаграма складання коливань. Інтенсивність світла при суперпозиції двох світлових хвиль. Геометрична й оптична різниці ходу. Умови створення максимумів та мінімумів освітленості. Ширина інтерференційної смуги і відстань між смугами. Класичні експериментальні методи спостереження інтерференції світла.

Когерентність. Часова когерентність. Фізичні причини часової когерентності. Час когерентності. Довжина когерентності.

Роль розмірів джерела світла для спостереження інтерференційної картини. Просторова когерентність. Радіус когерентності.

Двопроменеві інтерферометри: інтерферометр Майкельсона, інтерферометр Релея, зоряний інтерферометр. Використання інтерферометрів у різних галузях науки і техніки.

Багатопроменева інтерференція і її особливості. Інтерферометр Фабрі-Перо. Інтерференційні фільтри. Пластина Люммера-Герке. Ешелон Майкельсона. Застосування багатопроменевої інтерференції.

Інтерференція в тонких плівках. Лінії рівного нахилу і рівної товщини. Кільця

Ньютона. Врахування багаторазових відбивань. Шари з нульовою і високою відбивальною здатністю. Діелектричні дзеркала. Просвітлення оптичних систем.

Дифракція світла

Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракція Френеля. Метод зон Френеля, зони Френеля. Аналітичне і графічне обчислення амплітуди. Зонна і фазова пластинки. Дифракція Френеля від круглого отвору і від диску. Дифракція Френеля від прямолінійного краю напівплощини. Спіраль Корню. Дифракція Френеля від щілини. Зонна пластинка як лінза. Недоліки методу зон Френеля. Дифракція Фраунгофера. Дифракція Фраунгофера від щілини. Аналітичний і графічний методи обчислення амплітуд, розташування максимумів і мінімумів. Дифракція Фраунгофера від отворів різної форми. Дифракційні ґрати. Розташування й інтенсивність дифракційних максимумів. Похиле падіння світла на ґрати. Відбивальні ґрати. Дифракція білого світла на ґратах. Застосування дифракційних ґрат у спектральних приладах. Головні характеристики спектральних приладів (область дисперсії, кутова і лінійна дисперсія, роздільна здатність).

Дифракція рентгенівських променів. Рівняння Лауе і Вульфа - Брегга. Основні поняття Фур'є - оптики. Лінза як елемент, що здійснює перетворення Фур'є. Дифракційне утворення зображення лінзою. Роздільна здатність оптичних приладів. Фізичні основи голографії. Основні схеми запису і відтворення тонкошарових голограм. Товстошарові голограми. Одержання кольорових зображень. Особливості голограм як носіїв інформації. Застосування голографії.

Поляризація світла

Природне й поляризоване світло. Лінійна, еліптична і кругова поляризації. Частково поляризоване світло. Ступінь поляризації. Закон Малюса. Методи одержання поляризованого світла. Поляризація при відбитті і при заломленні. Формули Френеля. Кут Брюстера. Явище подвійного променезаломлення. Звичайний і незвичайний промені та їх поляризація. Одновісні і двохвісні кристали. Оптичні осі кристала. Дихроїзм. Поляроїди. Поляризаційні призми. Фізична причина подвійного променезаломлення. Розповсюдження електромагнітної хвилі в анізотропному середовищі. Анізотропія показника заломлення і залежність променевих швидкостей від напрямку. Еліпсоїд променевих швидкостей. Позитивні й негативні одновісні кристали. Побудови Гюйгенса для різних випадків заломлення променів на поверхні кристала.

Інтерференція поляризованого світла. Проходження лінійно поляризованого світла через кристалічну пластинку. Пластинка у чверть хвилі, півхвилі і хвилю. Кристалічна пластинка між двома поляризаторами. Штучне подвійне променезаломлення. Поворот площини поляризації у кристалічних і аморфних середовищах. Оптична ізомерія. Поворот площини поляризації в магнітному полі. Застосування поляризованого світла в різних галузях науки і техніки.

Взаємодія електромагнітних хвиль з речовиною

Дисперсія світла. Нормальна й аномальна дисперсія. Елементарна теорія дисперсії. Комплексна діелектрична проникність. Фізичний зміст уявної частини ефективної діелектричної проникності. Фазова швидкість електромагнітної хвилі. Хвильовий пакет. Групова швидкість. Зв'язок між фазовою і груповою швидкостями. Поглинання світла. Закон Бугера. Природа поглинання. Особливості поглинання

світла металами. Комплексний хвильовий вектор і комплексний показник заломлення. Глибина проникнення електромагнітної хвилі в метал. Відбиття світла від поверхні металу. Розсіювання світла. Природа процесів розсіювання. Розсіювання Релея. Закон Релея. Розсіювання Мі. Поляризація розсіяного випромінювання. Комбінаційне розсіювання. Розсіювання Мандельштама-Бріллюєна. Ефект Вавилова - Черенкова і його застосування для реєстрування швидких заряджених частинок. Люмінесценція. Види люмінесценції. Сцинтиляції.

Елементи нелінійної оптики

Основні нелінійні ефекти. Нелінійна поляризація середовища і її природа. Генерація гармонік. Умова просторового синхронізму. Генерація сумарних і різницевих частот. Параметричне посилення світла. Самовплив світла в нелінійному середовищі: самофокусування і самодефокусування променя. Довжина самофокусування. Основні фізичні причини виникнення нелінійності показника заломлення. Лазери як джерела вимушеного випромінювання. Проходження світла крізь середовище з урахуванням вимушеного випромінювання. Оптичні підсилювачі. Умова підсилення. Вплив світлового потоку на населеність рівнів.

Умови насичення. Створення інверсії населеності. Принципова схема лазера. Поріг генерації. Умова стаціонарної генерації. Імпульсні лазери і лазери безперервної дії. Лазерне випромінювання. Оптичні резонатори. Поздовжні й поперечні моди в резонаторах. Синхронізація мод. Генерація надкоротких імпульсів. Лазерні спектри. Характеристики деяких типів лазерів. Застосування лазерів у різних галузях науки і техніки.

Оптика рухомих середовищ

Поздовжній і поперечний ефекти Доплера. Червоне зміщення у спектрах галактик. Допплерівська ширина спектральної лінії. Оптичні явища в неінерційних системах (ефект Саньяка).

Фізика атома

Вступ

Короткий історичний нарис розвитку сучасних уявлень про будову атома. Предмет і завдання курсу «Фізика атома і атомних явищ». Порядок величини відстаней та енергій для атомно-молекулярних і ядерних процесів. Спектроскопія мас. Обмеженість сфери застосування уявлень класичної механіки. Специфіка законів мікросвіту. Квантові уявлення. Принцип відповідності.

Гіпотеза квантів

Випромінювання і поглинання світла атомом. Закон Кірхгофа. Абсолютно чорне тіло. Закон Стефана-Больцмана. Закон зміщення Віна. Функція густини станів електромагнітних хвиль у порожнині. Формула Релея-Джинса. Ультрафіолетова катастрофа. Гіпотеза Планка. Формула Планка (виведення). Стала Планка. Світлові

кванти (фотони). Енергія й імпульс фотона. Фотоефект. Ефект Комптона. Виведення формули Комптона.

Теорія атома водню за Бором-Зоммерфельдом

Визначення мас атомів. Мас-спектрограф і мас-спектрометр. Відкриття електрона. Класичний радіус електрона. Статична модель атома за Томсоном. Розсіювання альфа-частинок ядрами, досліди Резерфорда. Ефективний переріз розсіювання. Виведення формули Резерфорда. Наслідки з дослідів Резерфорда. Планетарна модель атома. Неможливість існування стійкого атома у класичній фізиці. Квантування енергій атомів, молекул і енергії випромінювання. Досліди Франка і Герца. Постулати Бора. Теорія Бора-Зоммерфельда атома водню, колові та еліптичні орбіти. Спектральні серії атома водню. Серіальні формули. Стала Рідберга. Спектральні терми. Комбінаційний принцип Рітца. Врахування маси ядра. Позитроній і мезоатом. Спектри воднеподібних іонів. Застосування принципу відповідності до атома водню. Високозбуджені атоми. Труднощі теорії Бора.

Корпускулярно-хвильовий дуалізм

Гіпотеза Луї де Бройля. Хвилі де Бройля. Експериментальні підтвердження гіпотези де Бройля. Дифракція електронів, нейтронів, атомів і молекул. Досліди Девіссона і Джермера, Томсона і Тартаковського. Електронографія і нейтронографія. Властивості хвиль де Бройля, їх групова і фазова швидкості. Поняття квантового стану і його характеристики за допомогою хвильової функції. Ймовірна (статистична) інтерпретація хвильової функції. Відмінність квантомеханічного і класичного опису руху частинки. Суперпозиція плоских хвиль. Хвильовий пакет. Співвідношення невизначеності Гейзенберга і теорія вимірювань. Фізичний зміст співвідношень невизначеності. Ширина рівня енергії і час життя збудженого стану.

Основи квантової фізики

Рівняння Шредінгера стаціонарне і нестаціонарне. Умови, що накладаються на його розв'язання. Умови нормування хвильової функції. Статистична інтерпретація хвильової функції. Принцип суперпозиції. Інтерференція ймовірностей. Оператори у квантовій механіці. Рівняння для власних значень і для власних функцій. Ортогональність власних функцій. Середні значення фізичних величин. Оператори фізичних величин. Оператори імпульсу і координати. Оператор Гамільтона. Оператор моменту імпульсу. Оператор проєкції моменту імпульсу на обраний напрямок. Власні значення квадрата моменту імпульсу і проєкції моменту імпульсу. Просторове квантування. Додавання моментів, векторна модель. Розв'язок рівняння Шредінгера для частинки в одномірній прямокутній потенціальній ямі. Гармонічний осцилятор. Розв'язання рівняння Шредінгера для частинки (електрона) у сферично симетричному полі - атом водню, вид хвильових функцій і розподілу густини ймовірності, квантування енергії і орбітального моменту імпульсу; фізичний зміст квантових чисел. Кратність виродження рівнів енергії. Основний стан атома водню. Проходження частинки крізь потенціальний бар'єр (тунельний ефект). Виведення формули прозорості потенціального бар'єру. Автоелектронна емісія. Тунельний діод. Макроскопічне квантове тунелювання. Оптичний аналог тунельного ефекту.

Спін

Дослід Штерна і Герлаха. Спінові властивості частинок. Оператор спіну. Повний момент імпульсу. Орбітальний і спіновий магнітні моменти. Експериментальні докази існування спіну. Спін - орбітальна взаємодія. Тонка структура рівнів енергії на прикладі рівнів енергії лужних металів. Спектри лужних металів. Експериментальне визначення сталої тонкої структури за допомогою квантового ефекту Холла.

Квантова механіка системи тотожних частинок

Мінімальна величина об'єму в координатно-імпульсному просторі. Принцип нерозрізненості частинок. Залежність хвильової функції від спіну. Симетричні й антисиметричні хвильові функції. Квантові статистики (Бозе-Ейнштейна і Фермі-Дірака). Зв'язок між статистикою і спіном. Принцип Паулі.

Багатоелектронні атоми

Електрон у центральному полі. Наближена характеристика окремих електронів за допомогою квантових чисел n та l . Уявлення про електронну конфігурацію. Максимальна кількість електронів, що мають дані значення квантових чисел (різні випадки). Електронні оболонки. Властивості повністю заповнених оболонок. Заповнення електронних оболонок з урахуванням принципу Паулі. Взаємодія електронів у багатоелектронних атомах. Поняття про метод самоузгодженого поля. Рівні енергії і спектри атомів лужних металів. Векторне додавання моментів імпульсу і типи зв'язку. Зв'язок Рассела-Саундерса та j - j -зв'язок. Атомні терми (символіка). Правила Хунда. Загальна характеристика рівнів енергії і спектрів багатоелектронних атомів. Пояснення періодичного закону Д.І.Менделєєва. Рентгенівські й рентгеноелектронні характеристичні спектри і їх природа. Закон Мозлі.

Атоми у зовнішніх полях

Магнітні властивості атомів. Гіромагнітне відношення для орбітального руху електрона і для спіну електрона. Магнетон Бора. Обчислення фактора Ланде для випадку зв'язку Рассела-Саундерса. Енергія атома у магнітному полі. Ефект Зеемана. Правило відбору. Визначення понять сильного і слабого магнітних полів. Ефект Пашена-Бака, формули для рівня енергії в слабкому і сильному магнітних полях. Визначення числа спектральних компонентів з урахуванням відбору. Явище електронного парамагнітного резонансу (ЕПР) і ядерного магнітного резонансу (ЯМР), теорія і методика спостереження. Поляризованість атомів і молекул. Ефект Штарка. Електричний резонанс. Спонтанне і вимушене випромінювання. Поглинання. Виведення формули Планка за Ейнштейном. Трьохрівневий квантовий підсилювач і генератор.

Молекули

Двохатомні молекули. Полярний і гомеополарний зв'язок атомів у молекулах. Молекула водню. Види рухів у молекулі. Криві потенціальної енергії. Електронні, коливальні й обертальні рівні енергії двохатомних молекул. Молекулярні спектри. Правила відбору. Комбінаційне розсіювання світла. Ангармонічність коливань і дисоціація. Природа хімічного зв'язку. Направлена валентність.

Квантові властивості твердих тіл

Періодичність потенціалу і одноелектронних хвильових функцій для кристалічних решіток. Формування зон. Збуджені електронні стани кристалу і поняття про екситони. Коливальні стани кристалу і поняття про фонони. Теорія теплоємності за Ейнштейном і Дебаєм. Взаємодія електронного й коливального руху в кристалах. Заповнення енергетичних зон. Зонні моделі металів, напівпровідників, діелектриків. Провідність твердих тіл. Елементи теорії надплинності та надпровідності. Ефект Джозефсона. Квантовий ефект Холла. Бозе-ейнштейнівські конденсати розріджених газів лужних металів.

Фізика ядра і елементарних частинок

Вступ

Основні етапи розвитку уявлень про атомне ядро і елементарні частинки. Відкриття природної радіоактивності урану, полонію і радію. Відкриття і дослідження α , β і γ радіоактивності. Відкриття атомного ядра. Перша штучна ядерна реакція (перетворення азоту на кисень). Відкриття протону. Перші моделі будови атомних ядер і їх неспроможність. Відкриття нейтрону.

Загальні властивості атомних ядер

Протонно-нейтронний склад атомних ядер. Властивості протону та нейтрону. Заряд ядра. Масове число і маса ядра. Ізотопи, ізобари, ізомери. Енергія зв'язку ядер. Стабільні та нестабільні ядра. Розміри ядер. Ядерні моделі. Крапельна модель та формула Вейцеккера. Магічні числа. Оболонкова модель (осциляторна модель та роль спин-орбітальної взаємодії). Спіни та магнітні моменти ядер. Визначення спінів та магнітних моментів ядер. Квадрупольний електричний момент ядра як міра його несферичності.

Ядерні сили та їх властивості

Радіус дії та інтенсивність ядерних сил. Залежність від спіну та нецентральність. Властивість насичення ядерних сил. Обмінний характер. Зарядова незалежність та ізотопічна інваріантність ядерних сил. Дейтрон та його властивості (енергія зв'язку, магнітний та спіновий моменти, електричний квадрупольний момент). Модель прямокутної потенціальної ями та хвильова функція основного стану дейтрону. Розсіювання повільних нейтронів протонами.

Радіоактивність

Природна радіоактивність. Закони радіоактивного розпаду, α - та β - розпад та радіоактивні ряди, β - розпад та закон Гейгера-Неттола, β - розпад як тунелювання крізь потенціальний бар'єр. Визначення розмірів ядра з даних по α - розпаду. Види β - розпаду. Неперервність енергетичного спектру електронів. Нейтрино. Незбереження парності при β - розпаді. Досліди Ву. Спіральність нейтрино та антинейтрино. β - розпад нейтрона, β - випромінювання ядер та його властивості. Ядерні ізомери. Резонансне випромінювання та поглинання β - квантів атомними ядрами без відбою (ефект Мессбауера). Приклади використання ефекту Мессбауера: вимірювання гравітаційного червоного зміщення в земних умовах. Штучна радіоактивність. Трансуранові елементи.

Ядерні реакції

Класифікація та приклади ядерних реакцій. Закони збереження енергії, імпульсу, моменту імпульсу та парності в ядерних реакціях. Складене ядро. Резонансні ядерні реакції. Формула Брейта-Вігнера. Взаємодія частинок та випромінювання з речовиною. Реєстрація та спостереження заряджених частинок та фотонів.

Фізика нейтронів

Поділ та синтез атомних ядер. Джерела нейтронів. Класифікація нейтронів та їх властивості. Взаємодія нейтронів з ядрами. Теорія сповільнення. Поділ важких ядер. Аналіз процесу поділу на підставі краплинної моделі ядра. Ланцюгові ядерні реакції. Ядерні реактори на теплових нейтронах. Уран-графітові та водо-водяні реактори. Недоліки уран-графітових реакторів. Природний ядерний реактор в Окло. Термоядерні реакції. Синтез гелію з водню як джерело енергії зірок. Протон-протонний та вуглецево-азотний цикли. Перспективи здійснювання термоядерних реакцій в земних умовах.

Релятивістські хвильові рівняння. Електромагнітна взаємодія

Рівняння Клейна-Гордона. Негативні енергії та античастинки. Відкриття позитрону. Анігіляція та утворення пар частинок - античастинок. Фотони як носії електромагнітної взаємодії.

Сильна взаємодія

Мезони Юкави. π -мезони, їх спін, парність і розпад. Ізотопічний спін π -мезонів. Баріонні резонанси. Дивні частинки. Гіперони та K-мезони. Перші складні моделі елементарних частинок. Унітарні мультиплети мезонів та баріонів. Завбачення та відкриття Λ -баріону. Кварки. Кваркова структура адронів. Зачарований кварк та інші важкі кварки. Колір кварків та глюони. Перетворення елементарних частинок. Збереження ізотопічного спіну та дивності. Приклади утворення частинок та їх розпаду, викликаних сильною взаємодією.

Сучасні астрофізичні уявлення

Великий вибух і теорія гарячого Всесвіту. Відкриття реліктового випромінювання. Походження хімічних елементів у Всесвіті. Зв'язок між фактом існування життя у Всесвіті і певними обмеженнями на закони мікросвіту. Антропний принцип.