

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

**Інститут високих технологій**

Затверджено  
Вченою Радою Інституту високих технологій  
Київського національного університету  
імені Тараса Шевченка  
*Протокол № 8 від 13 березня 2017р.*

*Голова Вченої Ради      В.В.Ільченко*

**ПРОГРАМА**

вступного іспиту до аспірантури  
зі спеціальності  
105 — Прикладна фізика і наноматеріали

**Київ – 2017**

**Упорядники:** Скришевський В.А., Лозовський В.З., Колежук О.К.

## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Програма вступного іспиту для підготовки аспірантів складена відповідно до освітньо-наукової програми підготовки докторів філософії за спеціальністю 105 «Прикладна фізика і наноматеріали» і відображає основні компоненти дисциплін, що входять до загального курсу підготовки фізиків. Метою вступного іспиту є визначення рівня теоретичної та практичної підготовки абітурієнтів, визначення відповідності знань, умінь і навичок вимогам навчання в аспірантурі за обраним напрямом підготовки, їх готовності освоїти вибрану програму підготовки, виявити наукові інтереси і потенційні можливості у сфері науково-дослідної роботи. Завдання програми - дати уявлення вступникам до аспірантури про необхідний об'єм і зміст розділів і тем, які необхідні для вивчення і підготовки.

Вступний іспит до аспірантури складається з 2-х етапів. 1-й етап проводиться в письмово-усній формі. Вступнику пропонується 4 запитання в межах наведеної нижче програми, на які він/вона дає письмові відповіді, і потім усно захищає ці відповіді у співбесіді з екзаменаційною комісією. Максимальна кількість балів за 1-й етап -80. Критерії оцінювання: 0-39 балів («незадовільно»): Вступник допускає грубі помилки у володінні навчальним матеріалом, має фрагментарні знання без системного розуміння вивченого, не в змозі робити узагальнення, висновки, адекватно застосовувати теоретичні знання при розв'язанні задач. 40-60 балів («задовільно»): Вступник в цілому володіє основним змістом навчального матеріалу, може застосовувати теоретичні знання при розв'язанні задач, але без глибокого всебічного аналізу, обґрунтування та аргументації, допускаючи при цьому суттєві неточності та помилки; має ускладнення під час виділення суттєвих ознак вивченого, виявлення причинно-наслідкових зв'язків і формулювання узагальнень та висновків.

Практичні/розрахункові завдання більш як наполовину вирішені.

60-70 балів («добре»): Вступник достатньо повно володіє навчальним матеріалом, обґрунтовано його викладає під час усних виступів та письмових відповідей, в основному розкриває зміст теоретичних питань та практичних завдань, але при аналізі складних питань не вистачає достатньої глибини та аргументації, допускаються окремі несуттєві неточності та незначні помилки. Практичні/розрахункові завдання вирішені більш як на 75 відсотків. Вступник здатен виділяти суттєві ознаки вивченого, виявляти причинно-наслідкові зв'язки, формувати висновки і узагальнення, вільно оперувати фактами та відомостями, але може допускати окремі несуттєві помилки.

70-80 балів («відмінно»): Вступник в повному обсязі володіє навчальним матеріалом, вільно самостійно та аргументовано його викладає під час усних виступів та письмових відповідей, глибоко та всебічно розкриває зміст теоретичних питань та практичних/розрахункових завдань, здатен виділяти суттєві ознаки вивченого, виявляти причинно-наслідкові зв'язки, формувати висновки і узагальнення, вільно оперувати фактами та відомостями. Правильно вирішені усі розрахункові/практичні завдання.

2-й етап-презентація дослідницької пропозиції, яка оцінюється до 20 балів.

Дослідницька пропозиція – це авторський текст обсягом 4-5 стор., у якому викладено бажану тематику індивідуального дисертаційного дослідження вступника в аспірантуру, обґрунтовується його актуальність, коротко описується стан розробки у вітчизняній та зарубіжній науці; можливі шляхи розв'язання поставлених задач тощо. Дослідницька пропозиція оцінюватиметься за критеріями наукової новизни і оригінальності (60%), суспільно-економічної важливості або перспективності (20%), обґрунтованості та реальності її виконання за наявної матеріально-технічної бази (20%).

Максимальна сумарна кількість балів за вступний іспит (1 та 2 етап) становить 100 балів.

## МЕХАНІКА

**ВСТУП.** Предмет фізики. Місце фізики серед інших природничих наук. Роль фізики в науково-технічному прогресі. Предмет і задачі механіки.

**КІНЕМАТИКА.** Предмет та явища досліджень кінематики. Матеріальна точка. Координатний та векторний способи опису руху. Радіус вектор. Системи координат. Операції з векторами. Траєкторія, шлях, переміщення. Вектор переміщення.

Швидкість. Середня швидкість. Миттєва швидкість. Прискорення. Середнє прискорення. Миттєве прискорення. Рівномірний прямолінійний рух. Рівноприскорений та рівноуповільнений прямолінійні рухи.

Рівномірний рух по колу. Елементарне кутове переміщення. Вектор кутового переміщення. Кутова швидкість. Кутове прискорення. Довільний криволінійний рух. Кривизна траєкторії. Радіус та центр кривизни. Нормальна та тангенціальна складові прискорення.

**ДИНАМІКА.** Предмет та явища досліджень динаміки. Закони Ньютона. Перший закон. Інерціальні системи відліку. Другий закон. Сила. Маса. Третій закон. Рівність дії та протидії. Взаємозв'язок законів Ньютона.

Динаміка руху матеріальної точки по колу. Момент сили. Момент імпульсу. Рівняння моментів.

**СТАТИКА.** Умови рівноваги. Плече сили.

**ЗАКОНИ ЗБЕРЕЖЕННЯ.** Зміст і значення законів збереження. Рівняння руху і закони збереження. Закон збереження імпульсу. Закон збереження моменту імпульсу.

Робота. Елементарна робота. Кінетична енергія. Потенціальні поля. Робота в потенціальному полі. Потенціальна енергія. Зв'язок сили і потенціальної енергії. Потенціальна яма та потенціальний бар'єр. Закон збереження енергії в класичній механіці.

Системи матеріальних точок. Центр мас. Імпульс та момент імпульсу системи. Енергія системи матеріальних точок. Кінетична енергія. Потенціальна зовнішня та власна енергії. Робота зовнішніх та внутрішніх сил. Закони збереження в системі матеріальних точок.

Зіткнення. Удар. Закони збереження при зіткненнях. Пружні зіткнення. Центральний удар. Загальний розгляд пружних зіткнень методом векторних діаграм. Непружні зіткнення.

Рух тіл змінної маси. Реактивний рух. Рівняння Мещерського. Формули Ціолковського.

**СПЕЦІАЛЬНА ТЕОРІЯ ВІДНОСНОСТІ (СТВ).** Механічний принцип відносності. Перетворення Галілея. Інваріанти перетворень.

Передумови виникнення СТВ. Вимірювання швидкості світла. Досліди Ремера. Корпускулярна та хвилева теорії світла. Проблема ефіру. Досліди Майкельсона. Криза класичної фізики.

Постулати СТВ. Перетворення Лоренца. Наслідки перетворень Лоренца. Сповільнення часу. Власний час. Відносність одночасності і причинності. Гранична швидкість передачі інформації. Скорочення довжини. 4-мірний простір-час. Графічне представлення рухомих систем. Калібровочні криві. Простір і час в класичній і релятивістській механіці. Додавання швидкостей. Перетворення прискорень.

Перехід від динаміки Ньютона до релятивістської динаміки. Залежність маси від швидкості, як наслідок виконання закону збереження імпульсу. Релятивістське рівняння руху. Релятивістські імпульс та енергія. 4-вектор імпульса-енергії. Перетворення імпульса-енергії. Закон збереження імпульса-енергії та його наслідки (сповільнення нейтронів, поглинання та випромінювання фотонів, Комптон-ефект).

Інваріанти СТВ. Просторово-часовий інтервал. Інваріантний зв'язок імпульса-енергії. Релятивістська динаміка на базі інваріантів СТВ. Вихідні рівняння. Маса – інваріант. Імпульс та енергія. Залежність напряду сили від швидкості.

Взаємозв'язок маси і енергії.

**НЕІНЕРЦІАЛЬНІ СИСТЕМИ ВІДЛІКУ (НСВ).** Інерціальні і неінерціальні системи відліку. НСВ, що рухаються прямолінійно. Сили інерції. Рівняння руху в НСВ. Невагомість. Маса інертна і гравітаційна. Принцип еквівалентності. Червоне зміщення.

Неінерціальні системи, що обертаються. Сили інерції в них. Коріолісове прискорення. Рух тіл біля поверхні Землі. Маятник Фуко.

**ТЯЖІННЯ.** Закон всесвітнього тяжіння. Універсальна гравітаційна стала. Тяжіння кулеподібних мас. Сили тяжіння в порожнині всередині кулі, вглибині Землі.

Поле тяжіння. Напруженість і потенціал гравітаційного поля. Вага. Гравітаційна енергія. Гравітаційний радіус. Чорні дірки.

Рух в однорідному полі тяжіння. Рух в полі центральних сил. Основні закони небесної механіки. Закони Кеплера. Рух штучних супутників Землі. Космічні швидкості.

**РУХ ТВЕРДОГО ТІЛА (ТТ).** Загальна характеристика ТТ. Кінематика ТТ. Поступальний і обертовий рух твердого тіла. Вільні та головні осі обертання. Миттєва вісь обертання. Ступені вільності. Кути Ейлера. Основний закон динаміки обертового руху ТТ.

Момент інерції ТТ. Обчислення моментів інерції різних тіл. Теорема Гюйгенса-Ейлера-Штейнера. Тензор інерції. Головні осі та головні моменти інерції. Символи Кронеккера.

Робота та кінетична енергія ТТ, що рухається поступально і обертається. Скочування циліндра з похилої площини. Маятник Максвелла.

Гіроскоп. Гіроскопічний ефект. Вільний та невільний гіроскопи. Прецесія та нутація гіроскопа. Застосування гіроскопів. Динамічні рівняння Ейлера.

Деформації ТТ. Закон Гука. Модуль Юнга. Енергія деформації.

**ТЕРТЯ.** Сили тертя спокою та ковзання. Коефіцієнт тертя. Тертя кочення.

**КОЛИВАННЯ.** Загальна характеристика коливань. Гармонійні коливання. Рівняння руху та його розв'язок. Амплітуда, фаза, частота та період коливань. Пружний маятник. Математичний маятник. Фізичний маятник. Коливальний контур. Енергія коливань.

Представлення коливань в векторній та комплексній формах. Додавання коливань одного напрямку. Биття. Додавання взаємноперпендикулярних коливань. Фігури Ліссажу.

Затухаючі коливання. Рівняння руху та його розв'язок. Декремент затухання. Логарифмічний декремент затухання і добротність.

Вимушені коливання. Особливості розв'язку рівняння руху вимушених коливань. Амплітудно-частотна характеристика (АЧХ) та фазо-частотна характеристика (ФЧХ). Резонанс. Напівширина резонансної кривої та добротність.

Автоколивання. Параметричне збудження коливань. Поняття про нелінійні коливання.

Розкладання негармонійних коливань на гармонійні складові (гармоніки). Фур'є-аналіз. Спектр коливань.

**ХВИЛІ.** Повздовжні та поперечні хвилі. Рівняння хвилі. Амплітуда, фаза, довжина хвилі. Енергія хвилі.

Плоска хвиля. Хвильове рівняння. Динаміка хвильового процесу. Швидкість хвилі в пружному середовищі. Фазова та групові швидкості. Дисперсія. Густина потоку енергії. Вектор Умова.

Поняття про інтерференцію та дифракцію хвиль. Стоячі хвилі.

Звук. Висота тону, гучність, тембр. Ефект Доплера.

**РУХ ЗАРЯДІВ В ЕЛЕКТРИЧНОМУ ТА МАГНІТНОМУ ПОЛЯХ.** Закон Кулона. Електричне поле. Рух зарядів в стаціонарному електричному полі. Сила Лоренца. Рух зарядів в однорідному магнітному полі. Рух зарядів в схрещених електричному та магнітному полях. Дрейф заряджених частинок. Ефект Холла. Магнетрон. Масс-спектрометр.

Магнітний момент. Адіабатична інваріантність магнітного моменту. Магнітні пастки. Радіаційні пояси Землі. Полярні сніжки.

Прискорювачі заряджених частинок. Рух в змінному електричному і постійному магнітному полях. Циклотронний резонанс.

Елементи електронної та іонної оптики.

**РУХ РІДИН ТА ГАЗІВ.** Гідродинаміка. Стаціонарна течія рідини. Трубка току. Умова нерозривності струменя. Основне рівняння гідродинаміки. Рівняння Бернуллі. Динамічний тиск. Течія в'язкої рідини. Формула Пуазейля. Ламінарні та турбулентні потоки. Число Рейнольдса.

Обтікання тіл рідиною або газом. Лобовий опір і підймальна сила. Ефект Магнуса. Формула Жуковського.

## Література

### Основна

1. Матвеев А.Н. Механика и теория относительности, М., 2009.
2. Бушок Г.Ф., Венгер Є.Ф. Курс фізики. Кн.1. Фізичні основи механіки. Молекулярна фізика і термодинаміка. К., Вища шк., 2002.
3. Сивухин Д.В. Общий курс физики, т.1, М., 1989.

### Додаткова

1. Савельев И.В. Курс общей физики, т. 1, М., 1987.
2. Стрелков С.П. Механика, М., 1975.
3. Фейнман Р. Фейнмановские лекции по физике, т.1,2, М., 1966.
4. Борн М., Эйнштейновская теория относительности, М., 1982.

## МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА

**ПРЕДМЕТ МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФІЗИКИ.** Атоми і молекули, їх тепловий рух. Міжмолекулярні сили. Зв'язок властивостей речовини з її атомно-молекулярною структурою. Методи молекулярної фізики. Поява нових якостей у системі, що складається з великої кількості молекул. Динамічні і статистичні закономірності. Середні величини. Середні за часом і середні за ансамблем частинок. Роль модельних уявлень в молекулярній фізиці. Термодинамічний метод.

**ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ КІНЕТИЧНОЇ ТЕОРІЇ ГАЗІВ.** Модель ідеального газу. Тиск газу з точки зору молекулярно-кінетичної теорії. Зв'язок між тиском газу та середньокінетичною енергією газових молекул. Рівність середньокінетичних енергій молекул газу при взаємодії двох газів з непроникливою стінкою. Міра середньої кінетичної енергії - температура. Рівняння Клапейрона-Менделєєва. Стала Больцмана.

**ЗАКОН РОЗПОДІЛУ МОЛЕКУЛ ГАЗУ ЗА ШВИДКОСТЯМИ МАКСВЕЛЛА.** Середня, найімовірніша і середньоквадратична швидкості. Розподіл газових молекул за напрямками швидкостей. Потік молекул на стінку. Експериментальна перевірка закону розподілу молекул за швидкостями.

**РОЗПОДІЛ МОЛЕКУЛ У ПОЛІ СИЛ.** Формула Больцмана. Барометрична формула. Досліди Перрена по визначенню числа Авогадро за допомогою розподілу Больцмана. Об'єднана формула Максвелла-Больцмана розподілу молекул за швидкостями та у полі сил.

**ФЛУКТУАЦІЇ ФІЗИЧНИХ ВЕЛИЧИН ЯК ВІДХИЛЕННЯ ВІД СЕРЕДНЬОГО ЗНАЧЕННЯ.** Визначення флуктуації. Міра флуктуації. Середнє за ансамблем та часом. Ергодична гіпотеза. Біноміальний розподіл. Розподіл за Гауссом та Пуассоном. Флуктуації густини газу, розсіяння світла на флуктуаціях густини газу. Броунівський рух, теорія Ейнштейна-Смолуховського. Дослід Перрена з броунівським рухом частинок по визначенню числа Авогадро.

**ЗІТКНЕННЯ МОЛЕКУЛ ГАЗУ.** Середня довжина вільного пробігу молекул, її залежність від тиску і температури. Ефективний газокінетичний переріз молекул. Середня довжина вільного пробігу молекул у суміші двох газів. Молекулярні пучки та їх використання в практиці та фізичному експерименті. Зміна кількості молекул у пучку

внаслідок зіткнень з молекулами газу. Експериментальне визначення середньої довжини вільного пробігу газових молекул.

**ЯВИЩА ПЕРЕНОСУ.** Фізична модель процесів переносу в газах -дифузії, теплопровідності, внутрішнього тертя. Загальне рівняння для явищ переносу. Зв'язок коефіцієнтів переносу з величинами, що характеризують молекулярний рух. Залежність коефіцієнтів переносу від тиску газу. Експериментальне визначення коефіцієнтів переносу.

**ФІЗИЧНІ ЯВИЩА У РОЗРІДЖЕНИХ ГАЗАХ.** Особливості явищ переносу у розріджених газах. Термічна та ізотермічна ефузії. Теплове ковзання. Радіометричний ефект. Елементи вакуумної техніки. Основне рівняння вакуумної техніки. Кінетика процесу відкачки. Режими течії газів у трубопроводах. В'язкісна течія. Молекулярний режим течії. Формули Кнудсена. Сучасні методи одержання та вимірювання високого та надвисокого вакууму. Компресійні, теплові, в'язкісні, радіометричні та іонізаційні манометри. Манометри для надвисокого вакууму.

**ПЕРШЕ НАЧАЛО ТЕРМОДИНАМІКИ.** Метод термодинаміки та його зіставлення із статистичним методом. Рівноважні та нерівноважні процеси. Робота при зміні об'єму тіла. Внутрішня енергія. Кількість тепла. Кількісне формулювання першого начала термодинаміки. Застосування першого начала термодинаміки до ізопроеесів у ідеальному газі. Теплоємність тіл. Термодинамічне визначення теплоємності. Розподіл енергії за степенями вільності. Теорема про рівномірний розподіл енергії за степенями вільності атомно-молекулярного руху. Внутрішня енергія та теплоємність ідеального газу. Адіабатичні і політропічні процеси. Рівняння цих процесів, робота при цих процесах. Недоліки класичної теорії теплоємності газів. Основні положення квантової теорії теплоємності газів. Формула Планка для середньої енергії системи осциляторів. Пояснення температурної залежності теплоємності газів на підставі квантових уявлень.

**ДРУГЕ НАЧАЛО ТЕРМОДИНАМІКИ.** Принцип дії теплової та холодильної машини. Коефіцієнт корисної дії (ККД). Формулювання другого начала термодинаміки за Клаузіусом та за Томсоном і Планком. Оборотні і необоротні процеси. Цикл Карно та його ККД. Теорема Карно. Термодинамічна шкала температур. Метод циклів. Кількісне формулювання другого начала термодинаміки. Нерівність Клаузіуса. Ентропія. Обчислення змін ентропії при різних процесах. Закон зростання ентропії. Статистичний характер другого начала термодинаміки. Співвідношення між ентропією та імовірністю, формула Больцмана. Поняття про мікро- та макростан системи. Статистична вага. Стан рівноваги як найбільш імовірний. Розподіл Больцмана. Межі застосування другого начала термодинаміки. Третє начало термодинаміки. Термодинамічні потенціали і умови рівноваги. співвідношення Максвелла і рівняння Гіббса-Гельмгольца. Системи із змінною кількістю частинок. Хімічний потенціал,

**РЕАЛЬНІ ГАЗИ.** Природа молекулярних сил. Рівняння Ван-дер-Ваальса. Ізотерми Ван-дер-Ваальса. Взаємні перетворення пари та рідини. Критичний стан. Критичні параметри та методи їх визначення. Приведене рівняння Ван-дер-Ваальса. Внутрішня енергія газу Ван-дер-Ваальса, ефект Джоуля-Томсона. Температура інверсії. Зрідження газів і методи одержання низьких та наднизьких температур.

**РІДИНИ.** Особливості рідкого стану, моделі рідини. Тепловий рух молекул у рідинах. Явища переносу в рідинах: в'язкість і дифузія. Явища на поверхні розділу між рідиною і іншими тілами. Поверхневий натяг. Крайовий кут. Змочування. Умови рівноваги на межі рідини з іншими середовищами. Формула Лапласа. Капілярні явища. Тиск насиченої пари над викривленою поверхнею рідини. Капілярно-гравітаційні хвилі.

**ТВЕРДІ ТІЛА.** Кристалічний та аморфний стан речовини. Елементи симетрії кристалів (вісь симетрії, площина симетрії, центр симетрії). Просторові кристалічні ґратки. Ґратки Браве. Індокси Міллера. Поверхнева енергія і зовнішня форма кристалів. Закон Кюрі та Вульфа. Теплові властивості твердих тіл. Теплове розширення. Теплоємність твердих тіл. Закони Дюлонга і Пті та Джоуля і Каппа. Недоліки класичної теорії теплоємності твердих

тіл. Елементи квантової теорії теплоємності. Дефекти кристалічної ґратки. Вакансії, дефекти за Шоттки і за Френкелем. Крайова та гвинтова дислокації. Вектор Бюргерса.

**ФАЗОВІ ПЕРЕТВОРЕННЯ.** Фазові перетворення I та II роду. Приклади фазових перетворень I та II роду. Рівняння Клапейрона-Клаузіуса для фазового перетворення I роду. Діаграми стану двофазної та трифазної однокомпонентних систем. Криві кипіння, плавлення і сублимації. Потрійна точка. Метастабільні стани. Кипіння та конденсація на ядрах. Явище вторгнення. Камера Вільсона, бульбашкова камера. Поліморфізм твердих тіл. Рідкі кристали. Правило фаз Гіббса.

**РОЗЧИНИ.** Рідкі розчини. Закон Генрі. Закон Рауля. Зміна температур плавлення і кипіння при виникненні розчину. Осмос. Осмотичний тиск. Закон Вант-Гоффа. Вплив дисоціації під час розчинення на осмотичний тиск. Тверді розчини. Діаграма стану двокомпонентної системи. Евтектика. Зонна плавка.

### Література

#### Основна

1. Сивухин Д.З. Общий курс физики; т.2, М., 1990.
2. Матвеев А.Н. Молекулярная физика, М., 2010.
3. Кикоин И.К., Кикоин Л.К., Молекулярная физика, М, 1976.

#### Додаткова

1. Радченко В.И., Молекулярная физика. М., 1965.
2. Рейф Ф. Статистическая физика. М., 1972.
3. Киттель Ч., Статистическая термодинамика. М., 1977.
4. Розанов Л.Н., Вакуумная техника, М., 1982.

## Е Л Е К Т Р И К А   І   М А Г Н Е Т И З М

**ЕЛЕКТРОСТАТИКА.** Закон Кулона. Принцип суперпозиції полів. Вектор напруженості електростатичного поля. Теорема Остроградського-Гаусса та її застосування для знаходження напруженості поля. Диференціальна форма запису теореми Остроградського-Гаусса. Потенційний характер електростатичного поля. Скалярний потенціал, різниця потенціалів.. Зв'язок між напруженістю електростатичного поля та потенціалом. Диференціальне формулювання потенціальності електростатичного поля. Рівняння Лапласа та Пуассона. Провідники в електростатичному полі. Знаходження розподілу потенціалу методами електричних зображень та застосування функцій комплексного змінного. Електроємність. Конденсатори. Енергія електричного поля, її локалізація у просторі та зв'язок з пондеромоторними силами. Теорема Ірншоу. Електричний диполь. Поле диполя. Енергія диполя в електростатичному полі. Сили, що діють на диполь. Взаємна енергія диполів.

**ДІЕЛЕКТРИКИ В ЕЛЕКТРОСТАТИЧНОМУ ПОЛІ.** Молекулярна картина поляризації діелектриків. Вектор поляризації. Поверхневі та об'ємні поляризаційні заряди, їх зв'язок з вектором поляризації. Електричне поле в діелектриках. Вектор електричного зміщення. Тензор діелектричної сприйнятності. Діелектрична стала. Диференціальне формулювання теореми Остроградського-Гаусса для поля в діелектриках. Граничні умови для векторів напруженості електричного поля та вектору зміщення. Енергія електричного поля в діелектриках. Сили, що діють на діелектрик в електричному полі. Електронна, орієнтаційна та іонна поляризація газоподібних, рідких та твердих діелектриків. Поле Лоренца. Формула Клаузіуса-Мосотті. Сегнетоелектрики. Точка Кюрі. Сегнетоелектричні домени. П'єзоелектричний ефект. Піроелектрики.

**ПОСТІЙНИЙ ЕЛЕКТРИЧНИЙ СТРУМ.** Сила та густина струму. Електричне поле в умовах протікання струму. Рівняння неперервності та умови стаціонарності струму. Диференціальне формулювання закону Ома та Джоуля-Ленца. Сторонні ЕРС. Правила Кірхгофа. Хімічні джерела струму.

**МАГНІТНЕ ПОЛЕ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ.** Релятивістська інваріантність

електричного заряду. Електричне поле зарядів, що рухаються. Взаємодія зарядів, що рухаються. Релятивістська природа магнітної взаємодії. Сила Лоренца. Закон Ампера для магнітної взаємодії струмів. Закон Біо-Савара-Лапласа. Вектор магнітної індукції. Вектор напруженості магнітного поля. Соленоїдальність магнітних полів. Теорема про циркуляцію вектора магнітної індукції по замкненому контуру та її використання для знаходження магнітних полів. Диференціальне формулювання цієї теореми. Рамка зі струмом у магнітному полі. Магнітний момент. Сили, що діють на рамку, її потенціальна енергія. Ефект Холла. Досліди Роуланда та Ейхенвальда.

**МАГНІТНЕ ПОЛЕ В МАГНЕТИКАХ.** Молекулярні струми. Магнітна сприйнятливність та проникливість. Умови на границі між двома магнетиками. Вплив форми та розміру тіла на його магнітні властивості. Поле розмагнічування. Природа діамagnetизму. Гіромагнітне відношення. Теорема Лармора. Класична та квантова теорія парамагнетизму. Феромагнетизм. Магнітний гістерезис. Температурна залежність намагнічуваності феромагнетиків. Точна Кюрі. Закон Кюрі-Вейса. Молекулярне поле Вейса. Магнітні домени. Квантові уявлення про природу феромагнетизму. Феро-, фері- та антиферомагнетики.

**ЕЛЕКТРОМАГНІТНА ІНДУКЦІЯ.** Інтегральне та диференціальне формулювання закону електромагнітної індукції Фарадея. Вихрове електричне поле. Явище самоіндукції та взаємоіндукції. Коефіцієнти самоіндукції, взаємоіндукції та їх розрахунок. Магнітна енергія струму. Густина магнітної енергії та її зв'язок з силами, що діють у магнітному полі. Взаємна енергія струмів. Скін-ефект.

**РІВНЯННЯ МАКСВЕЛЛА.** Струм зміщення. Система рівнянь Максвелла та їх фізичний зміст. Відносний характер електричних та магнітних полів. Досліди Рентгена, Трутона та Нобля. Інваріантність рівнянь Максвелла відносно перетворень Лоренца. Електромагнітне поле як об'єктивна реальність, яка не зводиться до механічних явищ.

**ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ХВИЛІ.** Електромагнітні хвилі як наслідок рівнянь Максвелла. Швидкість розповсюдження електромагнітних хвиль. Плоскі електромагнітні хвилі. Зв'язок між напруженістю електричної і магнітної компоненти поля в електромагнітній хвилі. Вектор Умова-Пойтінга. Теорема Пойтінга. Стоячі електромагнітні хвилі. Імпульс електромагнітних хвиль. Тиск електромагнітних хвиль. Співвідношення між енергією та масою. Електромагнітна маса. Випромінювання лінійного осцилятора. Діаграма напрямленості. Залежність випромінюваної потужності від частоти. Опір випромінювання.

**ЕЛЕКТРОПРОВІДНІСТЬ ТВЕРДИХ ТІЛ.** Природа носіїв заряду в металах. Класична електронна теорія металів Друде-Лоренца; пояснення закону Ома, Джоуля-Ленца та Відемана-Франца. Труднощі цієї теорії. Теорія Зоммерфельда. Квантова статистика Фермі-Дірака. Енергія Фермі. Елементи зонної теорії твердих тіл. Енергетичні зони металів, напівпровідників та ізоляторів. Напівпровідники з власною та домішковою провідністю. Положення рівня Фермі. Залежність електропровідності від температури. Електричні явища на контактах. Контактна різниця потенціалів. Контакт між металом та напівпровідником,  $p-n$  - перехід. Випрямляюча дія контактів. Термоелектрорушійна сила, ефекти Пельтьє та Томсона.

**ОСНОВИ ЕМІСІЙНОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ФІЗИКИ ГАЗОВОГО РОЗРЯДУ.** Термоелектронна, автоелектронна та фотоелектронна емісія. Рух заряджених частинок у вакуумі при наявності об'ємного заряду. Закон "трьох других". Іонізація молекул газу при зіткненні з електронами. Поперечник іонізації, потенціал іонізації. Несамостійний газовий розряд. Газове підсилення. Умова виникнення самостійного газового розряду. Плазма газового розряду. Вольт-амперна характеристика газового розряду. Основні типи самостійного розряду.

## Література

### Основна

1. Матвеев А.Н. Электричество и магнетизм, М., 2010.
2. Сивухин Д.В., Общий курс физики, М., 1977, т.3, 668 с.



3. Калашников С.Г., Электричество, М., 1977, 592 с.

#### **Додаткова**

1. Тамм И.Е., Основы теории электричества., М., 1977, 616с.
2. Фейнман Р., Лейтон Р., Сондс М., Фейнмановские лекции по физике: в 9т., М., 1977, т.5, 269с., т.6, 350с., т.7, 226 с.
3. Парселл Э., Электричество и магнетизм., М, 1983, 416 с.
4. Епифанов Г.И., Физика твердого тела., М., 1977, 288с.
5. Киттель Ч., Введение в физику твердого тела., М., 1978. 792 с.
6. Дэвис Д.А., Волны, атомы и твердые тела., Киев, 1981., 284с.

### **ОПТИКА**

**СУЧАСНИЙ СТАН РОЗВИТКУ ОПТИКИ.** Стислий історичний огляд розвитку оптики. Сучасні напрями застосування оптики. Від фундаментальної фізики до нанотехнологій. Шкала електромагнітних хвиль. Оптичний діапазон. Інформаційна ємність оптичного сигналу.

**ГЕОМЕТРИЧНА ОПТИКА.** Наближення геометричної оптики. Промінь світла. Межі застосування променевого наближення. Основні закони геометричної оптики. Основні терміни геометричної оптики. Правила знаків. Принцип Ферма.

Заломлення на сферичній поверхні. Лінзи та плоскі дзеркала. Інваріанти Аббе та Лагранжа-Гельмгольца, формула Ньютона. Збільшення в оптичних системах. Матричний метод в геометричній оптиці. Матриці основних елементів: сферична поверхня, сферичне дзеркало, просторовий проміжок, тонка лінза. Розв'язок задач геометричної оптики матричним методом: знаходження положення заднього та переднього фокусів, оптичної сили, положення зображення та його кутове і лінійне збільшення. Складна центрована оптична система. Матриця складних систем. Кардинальні точки та площини. Графічний та матричний метод знаходження кардинальних елементів. Побудова зображень з використанням кардинальних елементів.

Аберації оптичних систем. Роль діафрагм в оптичних системах. Оптичні системи: телескопічна, проєкційна, мікроскоп.

**ЕЛЕКТРОМАГНІТНА ПРИРОДА СВІТЛА.** Хвильове рівняння. Структура електромагнітних хвиль. Монохроматична та квазімонохроматична хвиля. Перетворення Фур'є в часі та просторі. Дійсна та комплексна форми запису хвилі. Хвильовий вектор. Стани поляризації світлових хвиль. Потік енергії плоскої хвилі. Потік імпульсу. Тиск світла. Тиск світла в лазерних пучках та в астрофізиці. Фотометрія світлового випромінювання. Фотометричні величини та їх вимірювання. Співвідношення між енергетичними та світловими характеристиками випромінювання. Інтенсивність світла. Фізичні та фізіологічні властивості зору.

**РОЗПОВСЮДЖЕННЯ, ЗАЛОМЛЕННЯ ТА ВІДБИВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ХВИЛЬ В ІЗОТРОПНИХ СЕРЕДОВИЩАХ.** Рівняння Максвелла для прозорих діелектриків. Матеріальні рівняння. Закони заломлення та відбивання світла на межі двох діелектриків. Волоконно-оптичні елементи. Застосування волоконної оптики. Поділ амплітуди світлової хвилі на межі розподілу двох середовищ. Стоячі світлові хвилі. Досліди Вінера. Світловий вектор.

Формули Френеля. Поляризація відбитої та заломленої хвиль. Ступінь поляризації. Зсув фази при відбиванні. Коефіцієнти відбивання та заломлення світла. Кут Брюстера.. Повне внутрішнє відбивання світла. Поляризація світла при повному внутрішньому відбиванні.

**ІНТЕРФЕРЕНЦІЯ СВІТЛА.** Інтерференція плоских квазімонохроматичних хвиль. Статистичний підхід. Роль часу усереднення. Функції автокореляції та взаємної кореляції

світлових полів. Когерентність світла. Двопроменева інтерференція за умов просторового поділу хвильового потоку. Головні характеристики інтерференційних схем. Вплив монохроматичності та розмірів джерела світла на якість інтерференційної картини. Часова та просторова когерентність. Довжина та радіус когерентності. Методи вимірювання, міри просторової когерентності. Двопроменева інтерференція за умов амплітудного поділу світлового потоку. Лінії рівного нахилу та рівної товщини. Просвітлення оптики. Багатошарові інтерференційні покриття. Діелектричні дзеркала. Двопроменеві інтерферометри, інтерференційний метод визначення еталона довжини. Багатопроменеві інтерферометри. Інтерферометр Фабрі-Перо. Принцип роботи Фур'є-спектрометра.

**ДИФРАКЦІЯ СВІТЛА.** Принцип Гюйгенса-Френеля. Метод зон Френеля. Прямолінійне розповсюдження світла по Френелю. Дифракція Френеля на круглomu екрані, круглomu отворі, напівплощині. Зонна платівка як лінза. Методи розв'язання задач дифракції. Дифракція плоских хвиль на апертурах різної форми. Опис дифракції Фраунгофера за допомогою перетворення Фур'є. Дифракційна ґратка. Випадок похилого падіння променів на ґратку. Амплітудні та фазові ґратки. Дифракція на ультразвуковій хвилі. Дифракція на тривимірній ґратці. Умови Лауе. Дифракція рентгенівських променів у кристалах. Формула Вульфа-Бреггів. Структурний аналіз. Методи Лауе, Брегга, Дебая-Шерера. Елементи Фур'є-оптики. Формування зображень - обернена задача дифракції. Просторова фільтрація зображень.

**ГОЛОГРАФІЯ.** Голографія як засіб запису інформації. Схема Габора. Голографія як двостадійний процес запису і відтворення оптичної інформації. Схема Лейта і Упатнієкса. Формування уявного і дійсного зображень. Дифузне освітлення. Товсті та тонкі голограми. Фазові голограми, дифракційна ефективність, шуми. Застосування оптичної голографії. Інтерферометрія (диференційна і двочастотна), голографічна мікроскопія, компенсація фазових спотворень, кіноформи, системи оптичної обробки і інформації (фільтрація).

**ДИСПЕРСІЯ СВІТЛА.** Показник заломлення ізотропного діелектрика. Поглинання світла. Дисперсія поглинання в інфрачервоній, видимій, ультрафіолетовій і рентгенівській ділянках спектра. Аномальна дисперсія світла. Класична теорія дисперсії. "Оптичний" електрон в моделі класичного осцилятора. Формула Лоренц-Лоренца. Урахування скінчених розмірів осцилятора - просторова дисперсія. Відбивання світла від поглинаючої речовини. Оптичні властивості металів. Хвильове рівняння з врахуванням руху квазівільних електронів. Формула для комплексної діелектричної проникності. Формули для уявної і дійсної частин хвильового вектора. Заломлення на межі металу. Неоднорідна хвиля. Формули Кеттлера. Формули Френеля. Аномальний скін-ефект. Поняття про ефективну проникність металу.

**СПЕКТРАЛЬНІ ПРИЛАДИ** Загальна класифікація і характеристика. Дисперсія роздільна здатність, область дисперсії. Схеми дифракційних і призмних спектральних приладів. Фур'є-спектрометри. Поняття про лазерну спектроскопію.

**РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ПЛОСКОЇ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ХВИЛІ В АНІЗОТРОПНОМУ СЕРЕДОВИЩІ.** Розповсюдження електромагнітних хвиль в анізотропному середовищі. Природа оптичної анізотропії. Діелектричні властивості анізотропної речовини. Тензор діелектричної проникності. Головні осі кристала. Еліпсоїд Френеля. Одновісні та двовісні кристали. Подвійне променезаломлення та його пояснення. Побудова Гюйгенса для одновісних кристалів. Поляризаційні прилади. Поляризатори. Хроматична поляризація світла. Поляризаційні фільтри. Компенсатори. Штучна анізотропія. Ефект Кера. Оптична активність речовини. Механізм обертання площини поляризації. Моделі оптично-активної речовини. Обертання площини поляризації світла речовиною в магнітному полі. Ефект Фарадея.

**НЕЛІНІЙНА ОПТИКА.** Потужна світлова хвиля в речовині. Розгляд дисперсії та поляризованості в гармонійному та ангармонійному наближенні. Нелінійна поляризованість

середовища, квадратична та кубічна. Нелінійна рефракція та нелінійне поглинання. Ефект Поккельса та лінійний електрооптичний ефект. Ефект Кера та квадратичний електрооптичний ефект. Нелінійна взаємодія випромінювання з речовиною - генерація гармонік. Умова узгодження фаз. Самофокусування та самодифракція світла.

**РОЗСІЯННЯ СВІТЛА РЕЧОВИНОЮ.** Релеєвське розсіяння світла як приклад дифракції світла на неупорядкованій структурі. Розсіяння Мандельштама-Бриллюена - взаємодія світлових та акустичних хвиль. Раманівське (комбінаційне) розсіяння: квантова і класична інтерпретація. Експериментальна схема дослідження комбінаційного розсіяння.

**ОПТИКА РУХОМИХ СЕРЕДОВИЩ.** Швидкість світла - фазова та групова. Сучасні методи вимірювання швидкості світла. Явище Вавілова-Черенкова. Синхротронне випромінювання. Ефект Доплера в оптиці. Вимірювання поздовжнього та поперечного ефектів Доплера. Оптичні експерименти в неінерційних системах. Ефект Саньяка. Лазерний гіроскоп.

**ТЕПЛОВЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ.** Рівноважне теплове випромінювання. Здатність тіл поглинати світло. Спектральна густина енергетичної яскравості та світності. Абсолютно чорне тіло, закони випромінювання такої речовини. Введення М.Планком ідеї квантування. Закони Релея-Джинса та Віна як граничні випадки великих та малих частот, формули Планка. Спонтанне та вимушене випромінювання в квантових системах. Умови підсилення вимушеного (індукованого) випромінювання. Інверсна населеність енергетичних рівнів. Часова та просторова структура випромінювання лазерів. Одномодове та багатомодове випромінювання лазерів.

**ФОТОЕФЕКТ.** Головні експериментальні залежності та їх пояснення. Фотон-світловий квант, енергія, імпульс, спин фотона. Корпускулярний хвильовий дуалізм.

## Література

### Основна

1. Бутиков Е.Я. Оптика. - М., 1986.
2. Ахманов С.А., Физическая оптика, - М., 1998.
3. Бушок Г.Ф., Венгер Є.Ф., Курс фізики: У 2-х кн., Кн.2., Оптика. Фізика атома. Молекулярна фізика і термодинаміка, - К., 2001.
4. Горбань І.С. Оптика. - К., 1979.
5. Ландсберг Г.С. Оптика, - М., 1976.
6. Сивухин Д.В. Общий курс физики: Оптика. - М., 1980.

### Додатква

1. Борн М., Вольф Е. Основы оптики. - М., 1970.
2. Калитиевский Н.И. Волновая оптика. - М., 1977.
3. Матвеев А.Н. Оптика. - М., 1985.
4. Стюарт, Введение в Фурье-оптику. -М., 1965.
5. Лисица М.П., Валах М.Я., Занимательная оптика: Физиологическая оптика. Мир животных, Ч.3, - К., 2006.
6. Лисица М.П., Венгер Е.Ф., Занимательная оптика: Физиологическая оптика. Мир людей, Ч.2, - К., 2003.
7. Лисица М.П., Валах М.Я., Занимательная оптика: Атмосферная и космическая оптика, Ч.1, - К., 2002.

## АТОМНА ФІЗИКА

**КОРОТКИЙ ІСТОРИЧНИЙ НАРИС РОЗВИТКУ СУЧАСНИХ УЯВЛЕНЬ ПРО БУДОВУ АТОМУ.** Досягнення у вивченні будови матерії в ХХ ст. як новий етап пізнання об'єктивних законів матеріального світу.

**КОРПУСКУЛЯРНІ ТА ХВИЛЬОВІ ВЛАСТИВОСТІ ЧАСТИНОК.** Релятивістські та нерелятивістські частинки. Розсіяння електронів у газах. Ефективний переріз розсіяння та його залежність від енергії. Ефект Рамзауера. Неможливість пояснення процесів розсіяння на підставі класичних уявлень. Квантова теорія випромінювання. Квантування вільного електромагнітного поля. Гіпотеза Планка, фотони. Хвильова природа матерії. Формула де-Бройля. Експериментальне обґрунтування хвильової природи частинок. Визначення довжини хвилі матеріальних частинок з дослідів по дифракції на кристалах. Електронографія та нейтронографія.

**ХВИЛЬОВА ФУНКЦІЯ ЕЛЕКТРОНА ТА РІВНЯННЯ ШРЕДІНГЕРА.** Хвильова функція електрона та її фізичний зміст. Статистичний характер хвильової функції. Співвідношення невизначеностей Гейзенберга. Рівняння Шредінгера; простіші випадки його розв'язку: частинка в прямокутній потенціальній ямі, проходження крізь потенціальний бар'єр. Елементи теорії збурень.

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СУЧАСНОЇ ТЕОРІЇ БУДОВИ АТОМА.** Досліди Резерфорда по розсіянню  $\alpha$ -частинок. Формула Резерфорда. Планетарна модель втома; труднощі її пояснення на підставі класичних уявлень.

**ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА АТОМНИХ СПЕКТРІВ.** Спектр водню та його серії. Спектральні терми. Комбінаційний принцип. Досліди Франка і Герца. Визначення потенціалів збудження та іонізації атомів. Атом водню по Бору, постулати Бора. Ізотопічний зсув спектральних ліній. Позитроній та мезоатом. Теорія Бора як проміжний етап у розвитку уявлень про будову атома.

**УЯВЛЕННЯ ПРО БУДОВУ АТОМА НА ОСНОВІ КВАНТОВОЇ МЕХАНІКИ.** Рух частинок в центральній-симетричному полі. Оператор моменту кількості руху, власні значення та власні функції. Рівняння Шредінгера для атома водню та його розв'язок. Стаціонарні стани руху атомних електронів та електронна хмара. Квантові числа та їх фізичний зміст, правила відбору для оптичних переходів. Рідбергівський атом. Структура атомів лужних металів, енергетичні рівні та структура спектру.

**МАГНІТНІ ВЛАСТИВОСТІ АТОМІВ.** Досліди Штерна і Герлаха. Гіромагнітні ефекти. Уявлення про спін. Магнітний момент електрону. Орбітальний і спіновий магнетизм. Магнетон Бора. Сумарний магнітний момент електронної оболонки атома. Фактор Ланде. Просторове квантування. Сучасні методи визначення атомних магнітних моментів. Ядерний магнетизм.

**ТОНКА СТРУКТУРА СПЕКТРУ ВОДНЕПОДІБНОГО АТОМУ.** Роль релятивістських ефектів, спін-орбітальної та контактної взаємодії. Дублетна структура спектрів. Рівняння Дірака.

Досліди Лемба і Резерфорда по вимірюванню зсуву електронних рівнів водню. Уявлення про нульові коливання та поляризацію вакууму як причину лембівського зсуву. Надтонка структура спектру атому водню.

**БАГАТОЕЛЕКТРОННІ АТОМИ.** Системи тотожних частинок. Принцип Паулі. Метод самоузгодженого поля Хартрі-Фока. Метод Томаса-Фермі. Атом гелію, рівняння Шредінгера для двохелектронного атома. Обмінна взаємодія. Енергетичний спектр атому гелію, ортогелій та парагелій. Систематика спектрів складних атомів. Типи зв'язку атомних моментів: зв'язок Рассел-Саундерса та  $(j-j)$  - зв'язок. Правила Хунда. Будова та заповнення електронних оболонок складних атомів за принципом Паулі. Теорія періодичної системи елементів Менделєєва.

**ФІЗИЧНІ ОСНОВИ РОБОТИ ЛАЗЕРІВ.** Спектральні терми та їх систематика, ймовірність переходів. Правила відбору. Ширина спектральних ліній, інтенсивність спектральних ліній Коефіцієнти Ейнштейна. Принцип оптичного підсилення. Умови

виникнення генерації. Лазери і мазери Газові лазери. Характеристики лазерного випромінювання. Застосування лазерів.

**РЕНТГЕНІВСЬКІ СПЕКТРИ АТОМІВ.** Суцільний та характеристичний спектри рентгенівських променів. Закон Мозелі. Рентгенівські терми та переходи між ними; рентгенівські серії. Дублетна структура ліній рентгенівських спектрів. Спектри поглинання рентгенівських променів. Залежність поглинання від довжини хвилі та атомного номера елемента. Ефект Оже. Когерентне і некогерентне розсіяння рентгенівських променів. Ефект Комптона.

**ВПЛИВ МАГНІТНОГО ТА ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛІВ НА АТОМИ.** Ефект Зеемана. Квантова теорія нормального та аномального ефектів Зеемана. Ефект Пашена-Бака. Ефект Штарка. Сукупність атомів у магнітному полі. Парамагнетизм та діамагнетизм речовини. Циклотронний резонанс. Електронний спіновий резонанс, методика його спостереження та застосування в фізиці твердого тіла, хімії та радіофізиці. Визначення атомних констант за допомогою магнітних резонансних ефектів.

**ПРИРОДА ХІМІЧНОГО ЗВ'ЯЗКУ.** Іонний зв'язок. Молекула водню та ковалентний зв'язок, обмінна енергія. Гомеополлярні молекули. Сили Ван-дер-Ваальса. Гібридизація атомних орбіталей, валентність. Основні методи квантової хімії: метод валентних сил, метод ЛКАО, метод молекулярних орбіт. Спектри двохатомних молекул: електронні, коливальні та обертальні. Принцип Франка-Кондона. Комбінаційне розсіяння світла.

**КРИСТАЛІЧНИЙ СТАН ТВЕРДОГО ТІЛА.** Класифікація твердих тіл за типами зв'язку. Трансляційна симетрія, базис. Структура кристалів. Іонні кристали. Кристали з ковалентними зв'язками, кристали типу алмазу. Кристали з металевим типом зв'язку. Молекулярні кристали.

**КОЛИВАННЯ КРИСТАЛІЧНОЇ ГРАТКИ.** Гармонічне наближення. Спектр власних частот одновимірних моноатомної та двохатомної ґраток. Акустичні та оптичні коливання. Фонони. Концепція квазічастинок. Теорія теплоємності. Явища ангармонізму, теплопровідність твердих тіл.

**ЕЛЕМЕНТИ ЗОННОЇ ТЕОРІЇ ТВЕРДИХ ТІЛ.** Адіабатичне та одноелектронне наближення. Рух електронів в періодичному полі кристалічної ґратки, теорема Блоха. Зони Бріллюена. Енергетична зонна структура та електрофізичні і оптичні властивості твердих тіл. Структура енергетичних зон в напівпровідниках. Метод ефективних мас, дірки. Електрон-фононна взаємодія.

**НАДПРОВІДНІСТЬ.** Електричні та магнітні властивості надпровідників. Критична температура, критичні магнітні поля та струми. Проникнення магнітного поля в надпровідник. Куперівські пари. Теорія надпровідності Бардіна-Купера-Шріфера, основний стан та елементарні збудження. Тунелювання куперівських пар, ефекти Джозефсона. Квантування магнітного потоку, флюксоїд, СКВІДи. Високотемпературна надпровідність.

**МАГНІТНІ ВЛАСТИВОСТІ ТВЕРДИХ ТІЛ.** Діамагнетизм та парамагнетизм, закон Кюрі. Магнітна сприйнятливість електронів провідності. Квантовий ефект Холла. Обмінна природа феромагнетизму. Магнітна анізотропія та повна енергія феромагнетика. Доменна структура магнетиків. Блохівські стінки, блохівські лінії та точки. Магнітна структура антиферомагнетика. Елементарні збудження феромагнетиків: магнони та солітони.

## Література

### Основна

1. Находкін М.Г. Атомна фізика, КНУ, 1999, 553с.
2. Білий М.У., Охрименко Б.А. Атомна фізика. К., 2009.
3. Овечко В.С. Д.І. Шека Фізика атомів та атомних структур (від класики до квантів). К., 2006.
3. Шпольский З.В., Атомная физика, в 2т., М., 1984.
4. Сивухин Д.В., Общий курс физики. М., 1986.

## Додаткова

1. Соколов А.А., Тернов И.М., Муковский В.Ч. Квантовая механика.- М., 1979.
2. Фриш С.З., Оптические спектры атомов, М., 1963.
3. Вакарчук І.О. Квантова механіка, Львів, 1998.

## ФІЗИКА МІКРО- ТА МАКРОСВІТУ

**АНАЛІЗ РЕЧОВИНИ.** Основні етапи розвитку уявлень про структуру матерії. Історія відкриття перших субатомних частинок - електрона, протона, нейтрона, нейтрино. Античастинки. Відкриття мюонів та загальні властивості лептонів. Відкриття мезонів та нових баріонів, загальні властивості адронів. Кваркова структура баріонів та мезонів, експериментальні проявлення. Систематизація лептонів і кварків: покоління, аромати, колір.

**АНАЛІЗ СИЛ.** Області проявлення, інтенсивність та основні характеристики гравітаційних та електромагнітних сил, сил слабкої та сильної взаємодії. Електрослабкі сили.

**ЧАСТИНКИ, ЩО ПЕРЕНОСЯТЬ СИЛИ РІЗНИХ ТИПІВ.** Гіпотетична частинка "гравітон". Фотони та основні процеси квантової електродинаміки. Проміжні бозони та уявлення про об'єднану теорію електрослабких сил - квантову ароматодинаміку. Властивості ядерних сил: радіус дії та інтенсивність; тензорний та обмінний характер; ізоспінова інваріантність; насичення. Глюони, міжкваркові взаємодії та основні ідеї квантової хромодинаміки. Проблема конфайнмента та проявлення кварк-глюонної структури адронів у процесах глибокого непружного розсіювання лептонів; адронні струмені.

**СТАТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ АТОМНОГО ЯДРА.** Склад та заряд ядра. Стабільні та нестабільні ізотопи та ізобари, "доріжка стабільності". Магічні ядра. Ізоспін. Маса та енергія зв'язку, формула Вейцеккера. Розміри ядра, методи визначення. Форма, електричні та магнітні моменти ядер. Парність та закон збереження парності.

**МОДЕЛІ ЯДРА.** Краплинна модель, деформація та коливання поверхні ядер; поляризаційні коливання; ангармонічні коливання важких ядер та ядерний поділ. Оболонкова модель. Самоузгоджений ядерний потенціал та роль спін-орбітальної взаємодії. Пояснення магічних чисел. Узагальнена модель та модель парних кореляцій.

**РАДІОАКТИВНІ ПЕРЕТВОРЕННЯ.** Природна та штучна радіоактивність, закон радіоактивного розпаду.  $\alpha$ -розпад, спектри  $\alpha$ -частинок.  $\beta$ -перетворення: електронний та позитронний розпади, електронне та нейтринне захоплення; елементи теорії та проблема маси нейтрино.  $\gamma$ -випромінювання ядер. Ядерна ізомерія, внутрішня конверсія. Ефект Мессбауера. Протонний та двохпротонний розпади, спонтанний поділ ядер.

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ МЕТОДИ В ФІЗИЦІ ВИСОКИХ ЕНЕРГІЙ.** Детектори ядерних частинок. Сучасні методи одержання пучків високих енергій. Лінійні та циклічні прискорювачі заряджених частинок, накопичення частинок, зустрічні пучки. Прискорення заряджених частинок за допомогою потужного лазерного імпульсу. Спостереження процесів народження та розпаду частинок. Методи спостереження короткоживучих частинок. Аномальні стани речовини в лабораторних умовах та Всесвіті: методи отримання надвисоких тисків, температури та густини речовини, вироджений нерелятивістський та релятивістський газ електронів та нуклонів.

**ЯДЕРНІ РЕАКЦІЇ.** Переріз та канали реакцій, закони збереження, класифікація реакцій. Механізми ядерних реакцій. Поділ та синтез атомних ядер. Ланцюгова реакція, стаціонарні та імпульсні ядерні реактори. Конструкція ядерного реактора, порогові параметри та кінетика процесів контрольованої ланцюгової реакції ділення важких ізотопів. Неконтрольовані ядерні реакції ділення та синтезу (ядерний вибух), атомна та воднева бомби. Проблеми керуваного термоядерного синтезу, критерій Лоусона, Методи реалізації

контрольованих термоядерних реакцій (квазістаціонарний магнітний пінч при протіканні сильного струму, мюонний каталіз, магнітні системи типу ТОКАМАК, імпульсні термоядерні реакції з інерційним утриманням гарячої плазми на основі лазерних та пучкових драйверів).

**ЕВОЛЮЦІЯ ЗІРОК.** Уявлення про внутрішню будову зірок та перенесення випромінювання. Ядерні реакції синтезу в зірках. Проблема сонячних нейтрино. Гіпотези про утворення зірок. Співвідношення між силою гравітації та станом виродженої електронної підсистеми в критичних космічних об'єктах на стадії їх гравітаційного колапсу. Еволюція зірок в залежності від їх початкових параметрів (білі карлики, червоні гіганти, гравітаційний колапс, наднові зірки, нейтронні зірки, пульсари). Космічні промені, проходження космічного випромінювання крізь атмосферу. Радіаційні пояси Землі.

**ЕВОЛЮЦІЯ ВСЕСВІТУ.** Сучасні проблеми космології, будова Всесвіту. Динамічне рівняння еволюції Всесвіту. Стала Хаббла. Замкнена та незамкнена моделі Всесвіту. Критична густина речовини у Всесвіті. Еволюція та взаємоперетворення речовини у Всесвіті з початку Великого вибуху. Нуклеосинтез в природі та проблема утворення елементів. Ядерні реакції та синтез елементів в зірках на різних етапах еволюції. Всесвіту.

### Література

1. Булавін Л.А. Тартаковський В.К. Ядерна фізика. К., 2002.
2. Вальтер А.К, Залюбовский И.И., Ядерная физика., Х., 1991.
2. Широков Ю.М., Юдин К.П., Ядерная физика., М., 1972.
3. Сивухин Д.В., Общий курс физики., М., 1986.
4. Силк Дж., Большой взрыв, М., 1992.