

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ

Національний науковий центр

«Харківський фізико-технічний інститут»

Затверджую

Голова приймальної комісії,

заступник генерального директора ННЦ



Іван КАРНАУХОВ

07 _____ 2023 р.

ПРОГРАМА

вступних іспитів до аспірантури ННЦ ХФТІ зі

спеціальності: 104 «Фізика та астрономія»

за освітньо-науковою програмою

підготовки доктора філософії

Третій (освітньо-науковий) рівень вищої освіти

Харків 2023

Частина 1. Атомна фізика

1. Розвиток фізичних уявлень про структуру атома. Модель атома по Томсону. Досліди Ленарда по зондуванню атомів електронами. Досліди та формула Резерфорда по розсіянню альфа-частинок атомами. Ядерна модель атома. Закономірності в спектрах випромінювання атомів. Спектральні серії водню. Комбінаційний принцип Рітца. Планетарна модель атома. Постулати Бора. Розрахунок енергетичних станів водне-подібних атомів по моделі Бора. Розрахунок сталої Рідберга за наявності руху ядра. Досліди Франка та Герца. Принципові недоліки теорії Бора.

2. Корпускулярні властивості електромагнітного випромінювання та хвильові властивості частинок. Кванти світла. Гіпотеза Планка. Зв'язок енергії та імпульсу кванта з частотою електромагнітних коливань. Експериментальні підтвердження корпускулярних властивостей електромагнітного випромінювання. Фотоелектричний ефект. Ефект Комптона. Хвильові властивості частинок. Гіпотеза де-Бройля. Експериментальні підтвердження гіпотези де-Бройля – досліди Девіссона і Джермера. Хвильовий пакет. Довести його непридатність для опису властивостей частинок. Принцип невизначеностей Гайзенберга, його фізичний зміст.

3. Елементи квантової механіки. Хвильова функція частинки яка рухається. Знаходження рівняння Шредінгера. Фізичний зміст та властивості хвильової функції Уявлення фізичних величин операторами. Оператор кінетичної енергії, імпульсу та координати частинки. Розв'язання рівняння Шредінгера для вільної частинки. Розв'язання рівняння Шредінгера для частинки в потенціальному ящику. Аналіз квантових енергетичних станів та хвильових функцій. Проникнення частинки через потенційний бар'єр - тунельний ефект. Аналіз розв'язання рівняння Шредінгера для потенціалу типу гармонічного осцилятора. Правило відбору за квантовим числом v . Аналіз розв'язання рівняння Шредінгера в сферичних координатах для центральносиметричного потенціалу. Оператор моменту імпульсу. Оператор кінетичної енергії в сферичних координатах. Висновки: фундаментальні постулати квантової механіки.

4. Квантова теорія атома водню. Рівняння Шредінгера для атома водню. Наявність зв'язаних станів в системі електрон-протон. Розв'язання рівняння Шредінгера для водне-подібних атомів. Хвильові функції та енергетичні рівні при $l=0$. Хвильові функції та енергетичні рівні при $l>0$. Аналіз повних хвильових функцій атомів водню. Електронні стани та переходи в водне-подібних атомах. Правило відбору за квантовим числом l . Виродження енергетичних станів.

5. Структура багато-електронних атомів. Енергетичні рівні та спектральні серії атомів лужних металів. Знімання виродження за орбітальним квантовим числом l . Рівняння Шредінгера для двох-електронного атома. Спін електрона. Магнетизм атомів. Досліди Штерна та Герлаха. Проблеми побудови багато-електронних атомів. Принцип заборони Паулі. Оболонкова структура атомів. Побудова періодичної таблиці елементів Менделєєва.

6. Основи атомної спектроскопії. Повний момент імпульсу електронів в атомі: $j-j$ – та $L-S$ – зв'язок. Побудова спектральних термів атомів. Спін-орбітальне розщеплення рівнів в атомі. Тонке розщеплення спектральних ліній. Магнітні властивості атомів. Нормальний та аномальний ефекти Зеємана. Природа рентгенівських променів. Характеристичне та гальмове випромінювання. Закон Мозлі. Ефект Оже. Поглинання рентгенівських променів середовищем. Фізичні основи роботи лазерів.

7. Хімічний зв'язок та структура молекули. Типи зв'язку в молекулах. Молекулярний іон H_2^+ . Ковалентний зв'язок, молекула H_2 . Іонний зв'язок, багатоатомні молекули. Збуджені стани молекул – електронне, коливальне та обертальне збудження молекул. Молекулярні спектри.

8. Електронні властивості твердих тіл. Походження електронних енергетичних зон. Хвильові функції та ефективна маса електронів в металах. Густина електронних станів та енергія Фермі. Оптичне поглинання та люмінесценція в твердих тілах. Твердотільні лазери. Випромінювання нагрітого твердого тіла. Емпіричні закони випромінювання абсолютно чорного тіла. Закони Віна та Стефана-Больцмана. Розрахунок об'ємної спектральної густини випромінювання для класичного осцилятора – формула Релея-Джинса. Розрахунок об'ємної спектральної густини випромінювання для квантового осцилятора – формула Планка для випромінювання абсолютно чорного тіла. Атомна теплоємність твердих тіл – теорія Ейнштейна. Гратчаста теплоємність твердих тіл – теорія Дебая. Електронна теплоємність твердих тіл.

Частина 2. Ядерна фізика

1. Короткий нарис розвитку вчення про структуру ядра. Електронно-протонна модель ядра. Азотна катастрофа. Протонно-нейтронна модель ядра. Ядерні взаємодії. Масштаби енергії, відстані та часу в ядерній фізиці.

2. Статичні властивості ядер. Типи ядер. Ізотопи, ізобари, ізотони. Заряд ядра, експериментальні методи його вимірювання. Залежність енергії зв'язку ядра від масового числа. Властивості ядерних сил – перше наближення. Краплинна модель ядра та напівемпірична формула для енергії зв'язку ядра. Визначення масового числа та заряду для стабільного ізобара. Радіуси ядер, їх експериментальне вимірювання. Спін та магнітний момент ядра – надтонке розщеплення спектральних ліній. Вимірювання магнітних моментів атомів та ядер. Метод Штерна і Герлаха. Метод магнітного резонансу для вимірювання магнітних моментів ядер (метод Рабі). Вимірювання магнітного моменту нейтрона. Парність, закон збереження парності в ядерній фізиці. Квадрупольний момент ядра та методи його вимірювання.

3. Радіоактивний розпад ядер. Енергетична спроможність радіоактивного розпаду та його закон. Механізм альфа-розпаду. Залежність періоду альфа-розпаду від енергії альфа-частинок - закон Гейгера-Неттола. Бета-розпад. Три типи бета-розпаду. Характер бета-спектрів та гіпотеза нейтрино. Дослідження по доказу існування нейтрино. Елементи теорії бета-розпаду. Незбереження парності при бета-розпаді. Гама-випромінювання ядер. Імовірність гама-переходів, внутрішня конверсія гама-променів. Ефект Мессбауера. Вимірювання червоного зсуву в лабораторних умовах.

4. Ядерні сили та моделі атомного ядра. Короткодія та властивості насичення ядерних сил. Незалежність ядерних сил від заряду. Обмінний характер ядерних сил. Мезонна теорія ядерних сил та структура нуклонів. Краплинна модель ядра. Модель ядерних оболонок. Принципи побудови оболонкової моделі ядра. Узагальнена модель ядра – одночастинкові та колективні збудження у цій моделі.

5. Космічні промені та елементарні частинки. Первинне та вторинне космічне випромінювання. Проходження космічного випромінювання крізь атмосферу. Каскадні процеси. Походження космічних променів. Класифікація елементарних частинок: фотони, лептони, мезони, баріони. Закони збереження при перетворенні частинок. Кваркова модель елементарних частинок.

Частина 3 (за спеціалізаціями)

3.1. Фізика твердого тіла

1. Типи твердих тіл. Діелектрики та метали. Класифікація діелектриків. Іонні кристали. Лужні - галоїдні кристали. Проміжні сполуки. Ковалентні кристали. Молекулярні кристали. Метали. Кристали з водневим зв'язком.

2. Кристали і кристалічні ґратки. Основні поняття фізичної кристалографії. Ґратка Браве і двовимірні кристали. Трансляційна симетрія. Основні вектори і тривимірні кристали. Класифікація кристалічних ґраток. Примітивна комірка Вігнера - Зейтца. Прямі та обернені ґрати. Індокси Міллера. Елементи симетрії. Групи симетрії.

3. Геометрична кристалографія. Кристалічні системи та класи симетрії. Кристалографічні групи симетрії (просторові). Кристалографічні точкові групи. Ізоморфізм. Просторові групи Федорова. Основи геометричної кристалографії. Геометричні закономірності атомної будови кристалів. Кристалічні структури простих та складних речовин

4. Теорії металів. Теорія Друде, основні положення. Теорія металів Зоммерфельда. Властивості електронного газу в основному стані. Розподіл Фермі - Дірака газу вільних електронів, його застосування. Прямий, обернений, конфігураційний та к- простори. Проблеми моделі вільних електронів.

5. Періодичний потенціал. Теорема Блоха, її доведення. Граничні умови Борна-Кармана. Поверхня Фермі. Густина рівнів. Електрони в слабому періодичному потенціалі. Рівняння Шредингера в випадку слабого потенціалу. Метод слабого зв'язку. Метод сильного зв'язку. Функції Ваньє. Метод комірок і метод МТ-потенціалу. Метод приєднаних плоских хвиль (ППХ). Метод функцій Корринґи, Кона и Ростокера (ККР) (метод функцій Гріна). Метод модельного потенціалу.

6. Зонна структура металів. Методи дослідження поверхні Фермі. Ефект де Гааза - Ван Альфена. Вільні електрони в постійному магнітному полі. Рівні блохових електронів у постійному магнітному полі. Прості метали. Різновалентні метали. Напівметали. Перехідні метали. Рідкісноземельні метали.

7. Розсіяння та взаємодія електронів в кристалах. Механізми розсіяння електронів. Вірогідність розсіяння і час релаксації. Зміна функції розподілу за рахунок зіткнень. Находження функції розподілу. Рівняння Больцмана. Закон Відемана-Франца. Правило Матіссена. Наближення та теорія Хартрі-Фока. Загальна теорія екранування, теорії Томаса-Фермі, Ліндхарда.

8. Поверхневі ефекти. Робота виходу. Контактна різниця потенціалів. Визначення роботи виходу шляхом вимірювання контактної різниці потенціалів. Термоелектронна емісія. Експериментальне визначення роботи виходу металів. Дифракція повільних електронів. Іонний мікроскоп. Електронні поверхневі рівні.

9. Напівпровідники. Зонна структура напівпровідників. Донори та акцептори в напівпровідниках. Концентрація носіїв заряду в напівпровідниках. Теорія явищ переносу в напівпровідниках. Неоднорідні напівпровідники. Рівноважний $p-n$ перехід. Елементарний аналіз дії $p-n$ переходу.

10. Діелектрики. Електростатика діелектриків. Теорія локального поля. Ізолятори. Зонна структура и зв'язок в іонних кристалах. Ковалентні діелектричні кристали. Піроелектрика. Сегнетоелектрики. Діамагнетизм и парамагнетизм.

3.2. Теоретична фізика

3.2.1. Механіка

Принцип найменшої дії. Функція Лагранжа точкової частинки та системи точкових частинок. Закони збереження енергії, імпульсу та моменту імпульсу. Одновимірний рух. Рух в центральному полі. Задача Кеплера. Пружні зіткнення частинок. Розсіяння частинок. Формула Резерфорда. Вільні одновимірні коливання. Вимушені коливання. Загасаючі коливання. Параметричний резонанс. Ангармонічні коливання. Кутова швидкість та тензор інерції. Момент імпульсу твердого тіла. Рівняння руху твердого тіла та кути Ейлера. Рівняння Гамільтона. Дужки Пуассона. Дія. Принцип Мопертюї. Канонічне перетворення. Теорема Ліувілля. Рівняння Гамільтона-Якобі.

3.2.2. Теорія поля та електродинаміка.

Перетворення Лоренца. Чотиривимірна швидкість. Принцип найменшої дії, енергія та імпульс в релятивістській механіці. Чотиривимірний потенціал електромагнітного поля. Калібрувальна інваріантність. Рівняння руху заряду в полі. Постійне електромагнітне поле. Рух заряду в постійних однорідних електричному та магнітному полях. Тензор електромагнітного поля. Рівняння Максвелла. Перетворення Лоренца для електричного і магнітного полів. Інваріанти електромагнітного поля. Чотиривимірний вектор струму. Закон Кулона. Електростатична енергія зарядів. Поле заряду, що рівномірно рухається. Мультипольні моменти. Магнітний момент. Хвильове рівняння. Плоскі хвилі. Релятивістський ефект Доплера. Спектральний розклад. Дифракція Фраунгофера. Дифракція Френеля. Загаяні потенціали. Поле системи зарядів на далеких відстанях. Дипольне випромінювання. Втрати енергії релятивістської частинки на випромінювання. Гальмування частинок внаслідок випромінювання. Розсіювання електромагнітних хвиль вільним зарядом та зарядженим осцилятором.

3.2.3. Квантова механіка

Гамільтоніан. Хвильове рівняння. Стаціонарні стани. Співвідношення невизначеності. Рівняння Шредінгера. Густина потоку імовірності. Загальні властивості одновимірного руху. Прямокутний бар'єр та прямокутна яма. Лінійний осцилятор. Момент імпульсу. Власні значення та власні функції моменту. Парність стану. Рух в центральносиметричному полі. Рух в кулонівському полі (зв'язані стани). Збурення, що не залежать від часу. Секулярне рівняння. Збурення, що залежать від часу. Переходи в неперервному спектрі. Хвильова функція в

квазікласичному випадку. Оператор спіну. Спінори. Матриці Паулі. Принцип нерозрізненості тотожних частинок. Обмінна взаємодія. Вторинне квантування. Стани електронів в атомі та атомні терми. Самоузгоджене поле. Рівняння Томаса-Фермі. Тонка структура атомних рівнів. Періодична система елементів Менделєєва. Рентгенівські терми. Мультипольні моменти. Атом в електричному полі. Рівняння Шредінгера в магнітному полі. Рівняння Ландау. Атом в магнітному полі. Загальна теорія розсіяння. Формула Борна. Розсіяння повільних частинок. Формула Резерфорда. Зіткнення тотожних частинок. Пружне розсіяння при наявності непружних процесів. Непружне розсіяння повільних частинок. Хвильове рівняння для частинок з нульовим спіном. Перетворення С, Р, Т. Рівняння Дірака. Нейтрино (рівняння Вейля).

3.2.4. Термодинаміка та статистична фізика

Статистичний розподіл. Ентропія. Температура. Адіабатичний процес. Тиск. Робота та кількість тепла. Теплова функція. Вільна енергія та термодинамічний потенціал. Термодинамічні нерівності. Принцип Ле-Шательє. Теорема Нернста. Хімічний потенціал. Обертіві тіла. Розподіл Гіббса. Розподіл Максвелла. Розподіл Гіббса для обертівих тіл. Розподіл Больцмана. Нерівноважний ідеальний газ. Рівняння стану ідеального газу. Закон рівнорозподілу. Одноатомний ідеальний газ. Двоатомний газ. Розподіл Фермі. Розподіл Бозе. Нерівноважні фермі- та бозе-гази елементарних частинок. Вироджений електронний газ та його теплоємність. Вироджений бозе-газ. Випромінювання абсолютно чорного тіла. Тверді тіла при низьких та високих температурах. Формула Дебая. Теплове розширення твердих тіл. Коливання кристалічних ґрат. Фонони. Відхилення газів від ідеальності. Формула Ван-дер-Ваальса. Рівновага фаз. Формула Клапейрона-Клаузиуса. Критична точка. Закон відповідних станів. Хімічна рівновага. Закон діючих мас. Теплота реакції. Розподіл Гаусса. Флуктуації термодинамічних величин. Флуктуації в ідеальному газі. Формула Пуассона. Кореляція флуктуацій. Симетрія кінетичних коефіцієнтів. Дисипативна функція. ґрати Браве. Кристалічні системи. Зворотні ґрати. Фазові переходи другого роду. Стрибок теплоємності. Ізольовані та критичні точки неперервного переходу. Ван-дер-Ваальсова теорія критичної точки. Поверхневий натяг. Поверхневий тиск. Адсорбція.

3.3. Фізика пучків заряджених частинок

1. Основні методи прискорення заряджених частинок. Лінійні та циклічні прискорювачі.
2. Рівняння руху заряджених частинок в електричних та магнітних полях. Параксіальне наближення. Модифіковані рівняння руху. Теорема Буша.
3. Рух пучків в електродинамічних структурах, вільних від зовнішніх полів. Віртуальний катод (анод). Критичні струми утворення віртуального катода.
4. Механізми зарядової та струмової нейтралізації пучків. Часові та просторові масштаби зарядової та струмової нейтралізації пучків.
5. Гармати для формування аксіально-симетричних пучків (гармати Пірса). Форми електродів гармати Пірса для формування пласко-паралельного потоку електронів.
6. Плазмові емітери заряджених частинок. Фотокатод. Формування іонних пучків. Умова пласкої межі плазмового емітера. Методи збільшення емісійних властивостей плазмових емітерів.
7. Емісія та прискорення інтенсивних пучків електронів. Основні види емісії електронів. Фізичні процеси в сильнострумовому діоді.
8. Пучково-плазмова нестійкість. Збудження плазмових коливань.
9. Електростатичні лінзи. Магнітостатичні лінзи.
10. Кінетична теорія пучкових нестійкостей. Дисперсійне рівняння для поздовжніх коливань пучково-плазмової системи.
11. Основні процеси, що проходять при бомбардуванні твердого тіла іонами та електронами. Зміни властивостей твердого тіла іонним та електронним бомбардуванням.
12. Інжекція пучка в плазму. Нейтралізація магнітного поля пучка. Зворотний струм в плазмі.
13. Інерціальний керований термоядерний синтез з використанням лазерних пучків, пучків важких іонів та імпульсних лайнерних розрядів.

14. Сильнострумова плазмова НВЧ-електроніка. Генерування потужного НВЧ-випромінювання релятивістським електронним пучком в електродинамічних структурах. Безпучкове генерування потужного НВЧ-випромінювання. Генерування інтенсивного рентгенівського випромінювання.

15. Сильнострумові електронні пучки із частковою нейтралізацією об'ємного заряду. Критерій Лоусона.

16. Взаємодія іонізуючого випромінювання з речовиною. Генерування випромінювання прискореними зарядженими частинками.

3.4. Радіаційна фізика та ядерна безпека

1. Розсіяння і розпади частинок. Пі-мезон Юкави. Відкриття нейтрино в бета-розпаді ядер. Електронне та мюонне нейтрино. Збереження лептонних чисел.

2. Заряд ядра. Розмір ядра. Моменти ядер. Маса ядра та енергія зв'язку Ядерні сили. Збуджені стани ядер.

3. Ядерні перетворення. Радіоактивність. Альфа-розпад. Бета-розпад. Гамма-випромінювання ядер. Ядерні реакції. Розподіл важких ядер.

4. Взаємодія частинок, що рухаються, з речовиною. Основні процеси, що проходять при бомбардуванні твердого тіла іонами. Утворення радіаційних дефектів. Зміни властивостей твердого тіла іонною бомбардуванням.

5. Джерела іонізуючого випромінювання. Рентгенівське випромінювання. Гальмівне випромінювання.

6. Особливості гальмування. Тяжкі заряджені частинки. Уламки розподілу. Електрони. Гамма-кванти. нейтрони.

7. Уповільнення та дифузія нейтронів. Уповільнення нейтронів. Спектр нейтронів, що уповільнюються. Дифузія теплових нейтронів. Дифузія нейтронів, що уповільнюються.

8. Ядерний реактор. Ланцюгова реакція. Коефіцієнт розмноження у нескінченному середовищі. Число нейтронів на акт поглинання. Коефіцієнт використання теплових нейтронів. Імовірність уникнути резонансного захоплення. Коефіцієнт розмноження на швидких нейтронах. Критичний стан реактора. Відбивач нейтронів. Некритичний реактор.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

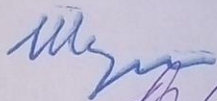
1. Landau, Lev D.; Lifshitz, Evgeny M. (1960). Mechanics. Vol. 1 (1st ed.). Pergamon Press. ASIN B0006AWV88.
2. Landau, Lev D.; Lifshitz, Evgeny M. (1951). The Classical Theory of Fields. Vol. 2 (1st ed.). Addison-Wesley. ASIN B0007G5B42.
3. Landau, Lev D.; Lifshitz, Evgeny M. (1958). Quantum Mechanics: Non-Relativistic Theory. Vol. 3 (1st ed.). Pergamon Press.
4. Berestetskii, Vladimir B.; Lifshitz, Evgeny M.; Pitaevskii, Lev P. (1971). Relativistic Quantum Theory. Vol. 4 (1st ed.). Pergamon Press. ISBN 978-0-08-017175-3.
5. Landau, Lev D.; Lifshitz, Evgeny M. (1980). Statistical Physics. Vol. 5 (3rd ed.). Butterworth-Heinemann. ISBN 978-0-7506-3372-7.
6. Landau, Lev D.; Lifshitz, Evgeny M. (1987). Fluid Mechanics. Vol. 6 (2nd ed.). Butterworth-Heinemann. ISBN 978-0-08-033933-7.
7. Landau, Lev D.; Lifshitz, Evgeny M. (1986). Theory of Elasticity. Vol. 7 (3rd ed.). Butterworth-Heinemann. ISBN 978-0-7506-2633-0.
8. Landau, Lev D.; Lifshitz, Evgeny M.; Pitaevskii, Lev P. (1984). Electrodynamics of Continuous Media. Vol. 8 (2nd ed.). Butterworth-Heinemann. ISBN 978-0-7506-2634-7.
9. Lifshitz, Evgeny M.; Pitaevskii, Lev P. (1980). Statistical Physics, Part 2: Theory of the Condensed State. Vol. 9 (1st ed.). Butterworth-Heinemann. ISBN 978-0-7506-2636-1.
10. Lifshitz, Evgeny M.; Pitaevskii, Lev P. (1981). Physical Kinetics. Vol. 10 (1st ed.). Pergamon Press. ISBN 978-0-7506-2635-4.
11. Білий М. У. Атомна фізика: Підручник. К.: Вища школа, 1973. 396 с.
12. Вальтер А. К., Залубовский И. И. Ядерная физика: Учебник. Харьков: Вища школа, 1978. 424 с.

13. Ахієзер О.І., Бережної Ю.А. Теорія ядра. Київ, Вища школа, 1995, 256 с.
14. Ахієзер О.І., Бережної Ю.А. Теорія ядерних реакцій.- ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2013, 132 с.
15. Бережної Ю.А., Онищенко Г.М. Структура атомних ядер. . –Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2013, 184 с.
16. Гопыч П.М., Залюбовский И.И. Ядерная спектроскопия. Харьков, Вища школа, 1980, 384 с.
17. Немец О.Ф., Теренецкий К.О. Ядерные реакции. К.: Вища школа, 1977, 242 с.
18. Тартаковський В.К. Субатомна фізика. –К.: Київський університет, 2006, 320 с.
19. Шматко Є.С., Гірка І.О., Карташов В.М. Проходження іонізуючих випромінювань крізь речовину. –Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2013, 132 с.
20. Шульга Н.Ф. Некоторые вопросы теории рассеяния быстрых частиц в веществе и во внешних полях. К.: Наукова думка, 2010, 197 с.
21. Perkins D. H. Introduction to high energy physics. 4th edition, Cambridge University Press, 2000, 426 p.
22. Сиволоб А.В. Молекулярна біологія. – К.: ВПЦ «Київський університет», 2008.- 384 с.
23. Слета Л.А., Иванов В.В. Квантовая химия. Харьков: Фолио, 2007. - 443 с.
24. Горбенко Г.П. Моделі полімерних ланцюгів. Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2007.- 68 с.
25. Горбенко Г.П. Моделі адсорбції. Харків.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2007.- 40 с.
26. Горбик П.П., Туров В.В.. Наноматериалы и нанокompозиты в медицине, биологии, экологии. - Київ: Наукова думка, 2011. - 444 с.
27. Трусова В.М. Горбенко Г.П., Гірич М.С. Основи молекулярно-динамічного моделювання біополімерів. Харків.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2016.- 211 с.
28. Малеев В.Я. Методы биофизических исследований. Харьков.: Изд. ХНУ имени В.Н. Каразина, 2014. – 457 с.
29. Хауссер К.Х., Кальбитцер Х.Р. ЯМР в медицине и биологии: структура молекул, томография, спектроскопия in vivo. – Киев: Наукова думка, 1993. – 259 с.
30. Campbell M. Heyer L. Discovering Genomics, Proteomics and Bioinformatics. CSHL Press, 2003.- 352 p.
31. Горбик П.П., Горобець С.В., Турелик М.П., Чехун В.Ф., Шпак А.П.. Біофункціоналізація наноматеріалів і нанокompозитів. - Київ: Наукова думка, 2011. - 293 с.
32. Огурцов А.Н. Бионанотехнология. Принципы и применение. - Харьков.: НТУ "ХПИ", 2012. - 479 с.
33. Computer modeling in molecular biology. Ed. by J. M. Goodfellow. VCH, 1995. -243 p.
34. Protein Folding. The Royal Society. Ed. by C. M. Dobson and A.R.Fersht, Cambridge, 1995.
35. Protein folding in silico / Ed. by I. Roterman – Konieczna, Woodhead Publishing., 2012. – 240 p.
36. R. Murphy, A. Tsai. Misbehaving proteins: protein misfolding, aggregation and stability. Springer, 2006.- 353 p.
37. Голдштейн Г. Классическая механика, 1957, 408 с.
38. Давыдов А.С. Квантовая механика. 1973, 704 с.
39. Ахиезер А.И., Берестецкий В.Б.. Квантовая электродинамика. 1969, 624 с..
40. Levich V.G., Theoretical physics: An advanced text. V.1. Amsterdam: North-Holland Publ. Co., 1970. 395 p.
41. Jackson J.D. Classical Electrodynamics, 3rd ed. New York: Wiley, 1999. 808 p.
42. Ахієзер О.І., Бережної Ю.А. Теорія ядра. Київ, Вища школа, 1995, 256 с.

43. Ахієзер О.І., Бережной Ю.А. Теорія ядерних реакцій. ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2013, 132 с.
44. Ситенко А.Г. Лекции по теории рассеяния, 1971, 260 с.
45. Шульга Н.Ф. Некоторые вопросы теории рассеяния быстрых частиц в веществе и во внешних полях. К.: Наукова думка, 2010, 197 с.
46. Landau L.D., Lifshitz E.M. Electrodynamics of continuous media. Oxford: Pergamon, 1984. 460 p.
47. Куни Ф.М. Статистическая физика и термодинамика, 1981, 352 с.
48. Хуанг К. Статистическая механика, 1966, 521 с..
49. Кобилянський В.Б. Статистична фізика. - К., 1971, 415 с.
50. Балеску. Равновесная и неравновесная статистическая механика, т. 1, 2, 1978.
51. Зубарев. Неравновесная статистическая термодинамика, 1971.
52. Pathria R.K., Beale P.D. Statistical mechanics, 3ed., Elsevier, 2011.
53. Reif, Frederick, ed. Fundamentals of Statistical and Thermal Physics. Wavelend Press, 2009.

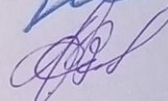
Затверджено на засіданні Науково-технічної ради ННЦ ХФТІ (протокол № 8 від 14.07.2023 р.)

Голова Науково-технічної ради ННЦ ХФТІ



Микола ШУЛЬГА

Учений секретар Науково-технічної ради ННЦ ХФТІ



Олександр ВОЛОБУЄВ

Відповідальний: Ткаченко В.І.
тел.:0501082768
e-mail: tkachenko.vikiv52@gmail.com

