

**ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ВИННИЧЕНКА**

Факультет природничо-географічний

Кафедра природничих наук та методик їхнього навчання



***Теоретична фізика:
квантова механіка та статистична фізика***

СИЛАБУС

2019–2020 навчальний рік

Силабус – це персоніфікована програма викладача для навчання студентів із кожного предмета, що оновлюється на початок кожного навчального року.

Силабус розробляється відповідно до освітньо-професійної програми підготовки фахівця відповідного рівня та згідно навчального і робочого навчального планів, з врахуванням логічної моделі викладання дисципліни.

Силабус розглянутий на засіданні кафедри природничих наук та методик їхнього навчання.

Протокол від «24» грудня 2019 року № 5

Завідувач кафедри _____ (Н.В. Подопрігора)
(підпис) (ініціали та прізвище)

Розробник: доктор педагогічних наук, доцент, завідувач кафедри природничих наук та методик їхнього навчання Н.В. Подопрігора

Назва дисципліни	Теоретична фізика: теоретична механіка та електродинаміка
Викладач (-і)	Подопрігора Наталія Володимирівна
Профайл викладача (-ів)	https://www.cuspu.edu.ua/ua/kafedra-khimii/zahalna-informatsiia/sklad-kafedri/9500-podopryhora-nataliia-volodymyrivna
Контактний тел.	+380506527422
E-mail:	npodoprygora@ukr.net
Консультації	Очні консультації: за попередньою домовленістю Четвер з 15.00 до 17.00 Онлайн консультації: за попередньою домовленістю Viber (+380506527422) в робочі дні з 9.30 до 17.30

ЗМІСТ

СИЛАБУС	1
1. Опис навчальної дисципліни	3
2. Мета та завдання навчальної дисципліни	3
3. У результаті вивчення навчальної дисципліни у студента мають бути сформовані такі компетентності:.....	7
4. Тематичний план навчальної дисципліни	9
5. Зміст дисципліни. Календарно-тематичний план для денної форми здобуття освіти	10
6. Література для вивчення дисципліни	19
7. Політика виставлення балів. Вимоги викладача	21
8. Індивідуальні завдання	23
9. Підсумковий контроль.....	27

Назва дисципліни	Теоретична фізика: квантова механіка та статистична фізика
Спеціальність	014.15 Середня освіта (Природничі науки)
Освітньо-професійна програма	Середня освіта (Природничі науки)
Рівень вищої освіти	магістр
Форма здобуття освіти	денна
Курс	1
Семестр	2

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Характеристика навчальної дисципліни
Тип дисципліни	нормативна
Кількість кредитів –	3
Блоків (модулів) –	2
Загальна кількість годин –	90
Тижневих годин для денної форми навчання:	3
Лекції	24 год.
Практичні, семінарські	20 год.
Самостійна робота	46 год.
Вид підсумкового контролю:	екзамен
Сторінка дисципліни на сайті університету	https://www.cuspu.edu.ua/ua/kafedra-khimii/osvitnia-diialnist/perelik-navchalnykh-dystsyplin
Зв'язок з іншими дисциплінами.	Дисципліна «Теоретична фізика: квантова механіка та статистична термодинаміка» вивчається у тісному дидактичному зв'язку із дисциплінами циклу професійної підготовки (математичні методи фізики, теоретична фізика: теоретична механіка та електродинаміка, загальна фізика, методика навчання фізики та природничих наук, сучасні питання фізики, спеціальний фізичний практикум, концепції сучасного природознавства), засвоєння яких необхідно майбутнім учителям фізики та природничих наук для професійної та подальшої освітньої діяльності

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Програма вивчення дисципліни «Теоретична фізика: квантова механіка та статистична термодинаміка» складена відповідно до навчальної програми дисципліни «Теоретична фізика» освітньо-професійної програми «Середня освіта (Природничі науки)» підготовки магістрів за

спеціальністю 014.15 «Середня освіта (Природничі науки)». **Метою дисципліни** «Теоретична фізика: квантова механіка та статистична термодинаміка» є формування інтегрованої динамічної комбінації знань і умінь для вивчення студентами теоретичних та методологічних засад теоретичної фізики відповідно до структури спеціальної фахової компетентності з теоретичної фізики: *квантова механіка та статистична термодинаміка*. Теоретична фізика: квантова механіка та статистична термодинаміка є нормативною навчальною дисципліною робочого навчального плану підготовки магістрів спеціальності 014 «Середня освіта (Природничі науки)» (2019–2020 н.р.), розробленого для студентів, які вступали на навчання на умовах перехресного вступу, для яких встановлено додаткові вимоги в частині строків навчання та виконання додаткового навчального плану для отримання базової підготовки з фізики, і входить до циклу дисциплін професійної підготовки майбутніх учителів природничих наук, фізики, хімії, біології старшої школи. Структурована система знань, розумінь, умінь, здатностей та ін. компетенцій з квантової механіки (КМ) та статистичної термодинаміки (СТД) в структурі професійної компетентності майбутніх фахівців забезпечується їхньою теоретичною і практичною підготовкою, сприяючи *формуванню* в студентів: цілісного бачення світу, виробленню в них наукового підходу до аналізу проблем оточуючого світу; теоретичного та критичного мислення під час тлумачення явищ мікросвіту та процесів на мікроскопічному рівні відповідно до теоретичних основ КМ, а також формуванню їхньої здатності до теоретичних узагальнень у пізнанні з позицій: модельних гіпотез (кінетичної теорії ідеального газу і ін.), математичних гіпотез (кінетичних рівнянь термодинаміки, явищ переносу, теплових процесів і ін.), та методу принципів (СТД).

У процесі організації освітньої діяльності студентів орієнтуватись, перш за все, на кінцевий результат, визначаючи основні його цілі, – навчальну, дидактичну, розвивальну і виховну для забезпечення діагностично поставленої мети, а також, враховуючи можливість управління навчальною діяльністю студентів, щодо:

- формування та розвитку в студентів наукових знань і вмінь, необхідних та достатніх для розуміння явищ і процесів, які відбуваються на мікроскопічному та макроскопічному рівні з погляду статистичних уявлень про поведінку мікрооб'єктів та статистичних систем, знання теоретичних основ квантової механіки, термодинаміки та статистичної термодинаміки, вміння застосовувати ці знання для розв'язування задач за допомогою стандартних (аналітичних) і нестандартних (синтетичних) методик;
- формування концептуальних і теоретичних основ фізики як науки, її місця в загальній системі наук і цінностей у процесі навчальної діяльності;
- організації навчання теоретичній фізиці на основі єдності теоретичної та практичної складників професійної підготовки майбутніх учителів природничих наук і, зокрема, фізики;
- формування в студентів вмінь математичного моделювання фізичних систем, явища або процесу в фізичній системі в межах теоретичних схем квантової механіки в моделі Шредінгера та статистичної фізики в моделях Гіббса, Фермі-Дірака, Бозе-Ейнштейна;
- формування в студентів теоретичного типу мислення, вміння користуватись методами індукції та дедукції, аналізу й синтезу, робити висновки та узагальнення;
- формування в студентів вміння систематизувати здобуті знання про фізичні явища природи, використання їх у техніці;
- формування в студентів наукового світогляду, розвитку критичного мислення;
- озброєння студентів раціональним методологічним підходом до пізнавальної і практичної діяльності;

– формування в студентів вміння працювати з інформацією, сприяти розвитку їх комунікативних здібностей; позитивної мотивації до навчання;

– виховання екологічного мислення й поведінки, національної свідомості і патріотизму, працелюбності та наполегливості.

Кінцева мета вивчення дисципліни «Теоретична фізика квантова механіка та статистична термодинаміка» спрямована на *формування* у студентів засобами навчання КМ та СТД цілісного бачення світу, науковому світогляду; виробленню здатності до: реалізації наукового підходу під час аналізу проблем оточуючого світу, методології наукового пізнання у навчально-пізнавальній діяльності; *розвитку*: загальнонавчальних умінь (аналізу, узагальненню, систематизації, моделюванню і ін.), абстрактно-логічного, теоретичного та критичного мислення; творчих здібностей на засадах фундаменталізації, міждисциплінарної інтеграції, інформатизації та професійної спрямованості навчання.

Завдання: 1) Під час вивчення основ КМ студенти знайомляться із застосуванням операторного підходу, заснованого на інтегралах руху та співвідношеннях комутації. Вивчаються постулати КМ та їхнє прикладне застосування для опису найпростіших квантових систем у задачах, які мають точні розв'язки (частинка в потенціальній ямі, гармонічний осцилятор і атом водню). кількісного підходу до опису та аналізу квантово-механічних станів мікроскопічних фізичних систем. При цьому наголос робиться на загальних підходах щодо опису цих станів у найпростіших зовнішніх умовах (стаціонарні, одновимірні потенціальні поля). Особлива увага приділяється загальним теоретичним методам (квантово-механічне рівняння та закони збереження) знаходження квантових станів мікрооб'єктів (стандартні методи розв'язування рівняння Шредингера), або системи мікрооб'єктів (стандартні методики виконання наближених розрахунків: теорія збурень, метод послідовних наближень і ін.) у періодичних фізичних полях на базі методу Хартрі-Фока. Встановлюються межі застосування квантової механіки та критерії її виродження при переході до класичних понять. 2) Під час вивчення СТД студенти з'ясовують: що являють собою макроскопічні фізичні системи, які перебувають у рівноважному стані, процеси переходу між цими станами на основі феноменологічного та статистичного методів дослідження і показати, що одержані висновки розширюють і доповнюють цілісне уявлення студентів про науковий підхід у дослідженні фізичних явищ, формування фундаментальних, інтегрованих і технологічних знань; розширюють та узагальнюють зміст основних фізичних понять (ТД: макроскопічна система, макроскопічні і мікроскопічні, калоричні і термічні параметри, початки термодинаміки, необоротність і ін.; СФ: ймовірність, фазовий простір, статистичний ансамбль систем, розподіли Гіббса, квантова і класична статистика, критерії виродження, статистичний зміст законів термодинаміки, принцип відповідності і ін.); вимоги для встановлення конкретних меж, критеріїв існування та використання законів СТД; якісно обговорюють проблеми і завдання теоретичних методів СТД.

Види діяльності студентів: *пізнавальна* – інтелектуальні розумові дії, висування гіпотез, побудова моделей, аналіз, синтез, узагальнення, встановлення на відповідність експерименту, висновки; *загально-навчальна* – пошук інформації, робота з літературою та іншими джерелами інформації, навички спілкування в колективній діяльності; *особистісно орієнтована* – пошук індивідуального змісту і цілей навчання теоретичної фізики, особистісне розуміння фундаментальних понять і категорій, вибір індивідуального темпу навчання, самостійне визначення цілей, індивідуальний вибір додаткової тематики, індивідуальні обґрунтування позиції, саморегуляція, самоаналіз і самоконтроль власної діяльності.

Досягнення навчальних цілей кожного модуля забезпечується в процесі спільної діяльності викладача і студентів, яка включає такі елементи: систематизацію / узагальнення студентами знань і умінь, запропонованих для самостійного опрацювання; проведення викладачем консультацій, які

забезпечують студентам можливість своєчасного розв'язання навчальних проблем, що виникають у них у процесі роботи над модулем; узагальнення навчального матеріалу модуля під час лекцій, де розглядаються питання методологічного та теоретичного характеру, а також визначаються завдання підвищеної складності, виконання і деталізація яких здійснюється під час практичних занять та в процесі самостійної роботи студентів.

Після закінчення роботи над модулем студенти, проходять підсумковий контроль згідно рейтингової системи із застосуванням інтегративної методики оцінювання навчальних досягнень.

Кожний змістовий модуль, супроводжується комплексом дидактичних засобів навчання, що забезпечують унаочнення навчального матеріалу і сприяють досягненню конкретних цілей навчання. Модулі, що вміщують цільову програму дій, банк інформації та методичних вказівок для її засвоєння, змінюють характер взаємостосунків між викладачами і студентами.

Модульна технологія навчання теоретичної фізики включає три компоненти, змістовий, організаційний і контрольно-оцінювальний з його стимулювальною функцією. Від студентів вимагається продемонструвати знання кожної з змістовних одиниць перед тим, як перейти до вивчення наступної. Спочатку навчання зорієнтоване на засвоєння головного – базових елементів знань курсу теоретичної фізики і найважливіших алгоритмів дій. Другим етапом є розвивальне навчання, що базується на творчій самостійній діяльності студентів.

Організаційний компонент технології засвоєння змісту навчальних модулів із курсу теоретичної фізики є сукупністю різноманітних форм і методів організації освітнього процесу: лекційних, практичних занять і самостійної роботи: підготовка теоретичного матеріалу та розв'язування домашніх задач за темами практичних занять, підготовка до колоквиумів з теоретичних питань курсу, виконання індивідуальних завдань згідно визначеного плану, підготовка та виконання підсумкових контрольних робіт за двома змістовими модулями «Квантова механіка» та «Статистична термодинаміка».

Аудиторна робота включає в себе: лекції, практичні заняття:

Проведення лекційних занять із теоретичної фізики передбачає: вивчення, поглиблення, розширення і засвоєння теоретичного матеріалу: організація освітньої діяльності за принципом теоретичного циклу пізнання природи «факти – модель – наслідки – експеримент»; реалізація дидактичного принципу генералізації теоретичних понять за схемою «основа – ядро – висновки, практичне застосування»; розширення наукового світогляду студентів; розвиток логічного, творчого і самостійного мислення; набуття досвіду оцінки меж застосування теоретичних схем, встановлення критеріїв виродження; набуття компетентностей теоретичного застосування наукових знань; розвиток теоретичного та критичного мислення, вольових характеристик особистості студента; активізація пізнавальної діяльності з використання інформаційних технологій навчання; застосування методів наукового теоретичного пізнання засобами математичного моделювання; формування і розвиток у студентів діалектичного мислення і предметного «фізичного» мислення; розкриття естетичного та логічного в фізиці: стрункості і краси математичної мови, чіткості і строгості, вишуканості багатьох її рішень і прийомів.

Проведення практичних занять із фізики передбачає: поглиблення, розширення і засвоєння теоретичного матеріалу: розв'язування фізичних задач за темами курсу для формування практичних умінь і навичок застосовувати теоретичні знання на практиці контекстного змісту – теоретичного, прикладного, інформаційного; реалізація дидактичного принципу взаємозв'язку навчання з практикою; набуття компетентностей практичного застосування наукових знань; розвиток абстрактно-логічного та теоретичного типів мислення, емоційно-вольових складників професійної компетентностей майбутнього вчителя фізики та природничих наук; розвиток уміння організовувати і

виконувати самостійну освітню діяльність; використання практичних занять як однієї з ефективних форм перевірки свідомого, глибокого, міцного засвоєння теоретичних знань; закріплення, узагальнення і повторення навчального матеріалу.

Консультації як форма організації освітньої діяльності дозволяють розглянути та обговорити теоретичні питання програми, які винесені на самостійне опрацювання студентами, більше приділити уваги розв'язку задач, яким під час практичних занять не було приділено належної уваги та допомоги студентам, у яких виникли труднощі під час виконання індивідуальних завдань, виконання рефератів тощо.

3. У результаті вивчення навчальної дисципліни у студента мають бути сформовані такі компетентності:

Інтегральна компетентність – здатність розв'язувати складні задачі та практичні проблеми в галузі природничої освіти, що потребує оновлення та інтеграції знань, часто в умовах неповної інформації та суперечливих вимог, що передбачає проведення досліджень та здійснення інноваційної діяльності в освіті, характеризується комплексністю та невизначеністю педагогічних умов та вимог організації освітнього процесу в загальноосвітній школі;

Загальні компетентності:

- здатність до аналізу та синтезу на основі логічних аргументів та перевірених фактів, гармонійного поєднання знань з природничих наук;
- здатність до формування наукового світогляду, розвитку людського буття, суспільства і природи, духовної культури;
- здатність до прояву гнучкого мислення, до прийняття рішень у складних і непередбачуваних умовах, що потребує застосування нових підходів та прогнозування;
- здатність застосовувати природничі знання, уміння та компетентності в широкому діапазоні можливих місць роботи та повсякденному житті;
- *емоційно-вольові якості*: впевненість у власних силах, самодисципліна, наполегливість у досягненні поставленої мети в професійній діяльності, вміння приймати рішення, вияв вольових зусиль у розв'язанні освітніх проблем; ініціативність, сміливість, принциповість в розробленні та здійсненні освітніх і наукових проектів;
- здатність до ефективної комунікації, володіння технологіями усного і писемного спілкування на різних мовах, зокрема й комп'ютерних технологій, уміння спілкуватися через *Internet*;
- здатність спілкуватися з фахівцями та експертами різного рівня інших галузей знань, володіння інформаційними технологіями і критичним ставленням до соціальної інформації, яка поширюється засобами масової інформації;
- здатність дотримуватись етичних принципів як з погляду професійної доброчесності, так і з погляду розуміння можливого впливу досягнень природничих наук на соціальну сферу;
- здатність до постійного підвищення свого освітнього рівня, потреба в актуалізації і реалізації власного потенціалу, здатність самостійно здобувати знання й розвивати уміння, здатність до саморозвитку;
- здатність до адаптації та дії в новій ситуації, діагностування власних станів та почуттів для забезпечення ефективної та безпечної діяльності;

Предметні (спеціальні фахові) компетентності:

Знання:

– знання методології системних досліджень, теоретичних методів дослідження та аналізу фізичних систем (квантова механіка, термодинаміка, статистична термодинаміка) та процесів, які відбуваються в таких системах, розуміння особливостей опису та поведінки таких систем та процесів, їхнього різноманіття, взаємодію та умови існування для розв'язання прикладних і наукових завдань з квантової механіки, термодинаміки, статистичної термодинаміки засобами математичного моделювання;

– знання основних завдань і методів теоретичної фізики як науки, структуру фізичної теорії в її історико-генезісному розвитку, роль експерименту в теоретичній фізиці; завдання і методи теоретичної фізики за відповідними темами дисципліни: квантова механіка, термодинаміка, статистична термодинаміка;

Уміння та здатності:

– уміння розв'язувати фізичні задачі за допомогою аналітичних та прикладних методик аналізу основних теоретичних моделей квантової механіки, термодинаміки, статистичної термодинаміки за відповідними темами курсу;

– здатність до математичного моделювання явищ і процесів природи з погляду емпіричних законів і теоретичних принципів природничих наук в межах прийнятих теоретичних схем (квантова механіка і статистична фізика);

– уміння працювати з інформацією і знаннями з теоретичної фізики та її теоретичних основ для розв'язання освітніх проблем;

– здатність робити та обґрунтовувати наукові висновки, застосовувати знання для розв'язання задач з теоретичної фізики за темами курсу;

– здатність використовувати комп'ютерні засоби (інформаційних пакети, прикладне програмне забезпечення тощо) для провадження ефективної освітньої діяльності – інформаційних прикладний контекст під час розв'язування задач відповідного контекстного змісту за темами курсу;

Комунікація:

– володіння основами професійної мовленнєвої культури в процесі педагогічної діяльності, використання сучасного наукового природничого мовлення в освітній діяльності;

– здатність пояснити стратегію сталого розвитку людства і шляхи вирішення його глобальних проблем на основі глибокого розуміння сучасних проблем теоретичної фізики;

– здатність до спільного вирішення освітніх проблем у різних контекстах освітньої діяльності;

– володіння українською мовою на високому рівні та розвиток навичок спілкування іноземною мовою;

– уміння ставити запитання та проводити дискусію.

Програмними результатами навчання є:

Знання:

– знає основні фізичні структури та матеріали квантової механіки та статистичної термодинаміки;

– знає та володіє математичними методами аналізу та опису фізичних процесів та систем (квантова механіка в моделі Шредінгера, статистична термодинаміка в моделях Гіббса, Фермі-Дірака, Бозе-Ейенштейна);

– знає та розуміє взаємозв'язок фізики в структурі природничих наук та з іншими науками, їх роль в прискоренні темпів науково-технічного прогресу; вплив теоретичних знань в області природничих наук на зміни в технології виробництва і перебудові виробничих циклів;

Когнітивні уміння і навички з предметної області:

– уміє інтегрувати методи емпіричного та теоретичного рівнів пізнання природи та розуміє можливості сучасних наукових методів пізнання природи, їхні особливості й володіє ними на рівні, необхідному для вирішення науково-дослідних завдань та проблем діяльності вчителя фізики та природничих наук;

Практичні навички з предметної області:

– володіє навичками культури мислення, толерантності ведення наукових дискусій, відповідальності за результати дослідження;
– виявляє здатність обирати, використовувати раціональні алгоритми, методи, прийоми та способи складання та розв'язування задач з фізики; володіння методиками навчання складати і розв'язувати задачі з фізики, в тому числі інтегрованого змісту;
– виявляє здатність будувати математичні моделі явищ та процесів природи; вміння проводити фізичні дослідження, аналізувати результати, формулювати висновки;
– демонструє вміння використовувати засоби комп'ютерних технологій для розв'язування завдань з теоретичної фізики за темами курсу.

4. Тематичний план навчальної дисципліни

МОДУЛЬ 1. КВАНТОВА МЕХАНІКА

Змістовний модуль 1. Експериментальні і теоретичні основи квантової механіки

Тема 1. Вступ. Предмет і місце квантової механіки в сучасній фізиці

Тема 2. Експериментальні основи квантової механіки

Тема 3. Теоретичні основи квантової механіки

Тема 4. Фізичні основи і математичний апарат квантової механіки

Змістовний модуль 2. ДЕЯКІ ЗАСТОСУВАННЯ КВАНТОВОЇ ТЕОРІЇ

Тема 1. Одновимірний рух

Тема 2. Рух частинки в центральній-симетричному полі

Тема 3. Спін електрона

Змістовний модуль 3. ФІЗИКА АТОМІВ І МОЛЕКУЛ

Тема 1. Теорія збурень

Тема 2. Атом гелію

Тема 3. Взаємодія атома з електромагнітним полем

Тема 4. Висновки. Формальна схема квантової механіки

МОДУЛЬ 2. СТАТИСТИЧНА ТЕРМОДИНАМІКА

Змістовий модуль 1. ТЕРМОДИНАМІКА

- Тема 1. Вступ. Феноменологічний і статистичний методи в фізиці
- Тема 2. Основні поняття термодинаміки
- Тема 3. Перший закон термодинаміки
- Тема 4. Другий закон термодинаміки
- Тема 5. Третій закон термодинаміки
- Тема 6. Методи термодинаміки
- Тема 7. Фазові переходи і критичні явища

Змістовий модуль 2. СТАТИСТИЧНА ТЕРМОДИНАМІКА

- Тема 1. Макроскопічний і мікроскопічний стани системи
- Тема 2. Мікроканонічний і канонічний розподіли Гіббса
- Тема 3. Розподіл Максвелла-Больцмана
- Тема 4. Розподіл Гіббса в квантовій статистиці
- Тема 5. Статистичний зміст законів термодинаміки
- Тема 6. Обчислення термодинамічних функцій ідеального газу
- Тема 7. Розподіли Фермі і Бозе
- Тема 8. Квантова теорія теплоємності твердих тіл

5. Зміст дисципліни. Календарно-тематичний план для денної форми здобуття освіти

Тиж. / дата / год.	Тема, план	Форма діяльності (заняття)	Матеріали, література, ресурси в Інтернеті	Самостійна робота, завдання, год.	Вага оцінки, к-ть балів	Термін виконання
МОДУЛЬ 1. КВАНТОВА МЕХАНІКА						
Змістовний модуль 1. Експериментальні і теоретичні основи квантової механіки						
Тижд. 1 1 год.	Тема 1. Вступ. Предмет і місце квантової механіки в сучасній фізиці	Лк – 1 год.	[4, 12]			
Тижд. 1 5 год.	Тема 2. Експериментальні основи квантової механіки. Обмеженість класичної фізики при поясненні явищ мікросвіту і необхідність переходу	Лк – 1 год.	[4, 12]	Експериментальне вивчення випромінювання і поглинання світла в спектрах абсолютно чорного тіла: закони Кірхгофа, Стефана-		

Тиж. / дата / год.	Тема, план	Форма діяльності (заняття)	Матеріали, література, ресурси в Інтернеті	Самостійна робота, завдання, год.	Вага оцінки, к-ть балів	Термін виконання
	до квантових понять. Ідеї Планка, Ейнштейна, де Бройля: дискретність процесів випромінювання і поглинання світла, модель атома Резерфорда-Бора, корпускулярно-хвильовий дуалізм. Необхідність статистичної інтерпретації квантових явищ. Принцип відповідності. Роль сталої Планка			Больцмана, Віна; формули Релея-Джинса, Планка. досліди Франка і Герца, Штерна і Герлах, Девісона і Джермера – 2 год.		
	Хвильові властивості мікрочастинок. Співвідношення невизначеностей Гейзенберга Розв'язування задач в аудиторії: №№ 11; 12; 15; 17; 18; 28; 30 (* – за розв'язування задачі біля дошки)	Пр – 2 год.	[18 (а)]	Розв'язування домашніх задач: №№ 14; 16; 24	5*	
Тижд. 2-3 5 год.	Тема 3. Теоретичні основи квантової механіки. Специфіка фізики мікрооб'єктів: ідеї квантування (дискретності), корпускулярно-хвильового дуалізму, співвідношення невизначеностей Гейзенберга, імовірнісний характер поведінки мікрооб'єктів. Неможливість класичної інтерпретації мікрооб'єктів – відмова від уявлень класичної фізики	Лк – 1 год.	[4, 12]	Деякі результати, що впливають із співвідношення невизначеностей – 2 год.		
	Самоспряжені оператори. Власні функції і власні значення. Комутатори операторів Розв'язування задач в аудиторії: №№ 32; 35; 36; 49; 50; 51; 52; 53 (* – за розв'язування задачі біля дошки)	Пр – 2 год.	[18 (а)]	Розв'язування домашніх задач: №№ 39; 45; 57	5*	
Тижд. 4 5 год.	Тема 4. Фізичні основи і математичний апарат квантової механіки. Оператори і дії над ними. Лінійні оператори. Самоспряжені оператори. Опис стану мікросистем. Хвильова функція. Квантово-механічний принцип суперпозиції. Власні функції і власні значення самоспряжених операторів, їх	Лк – 1 год.	[4, 12]	Основні оператори квантової механіки в координатному зображенні. Оператори координати і імпульсу, кінетичної, потенціальної і повної енергії, оператор моментів імпульсу, гамільтоніан. Нерівності Гейзенберга у загальному представленні (для		

Тиж. / дата / год.	Тема, план	Форма діяльності (заняття)	Матеріали, література, ресурси в Інтернеті	Самостійна робота, завдання, год.	Вага оцінки, к-ть балів	Термін виконання
	фізичний зміст. Основні властивості функцій операторів квантової механіки. Середні значення фізичних величин, ймовірність їх дозволених значень. Комутуючі оператори. Умови можливості одночасного вимірювання різних механічних величин у квантовій механіці. Повний набір спостережуваних. Принцип причинності у квантовій механіці і рівняння Шредінгера. Властивості стаціонарних станів. Стаціонарне рівняння Шредінгера.			будь-якої пари спряжених квантово-механічних величин) – 2 год.		
	Стаціонарне рівняння Шредінгера Розв'язування задач в аудиторії: №№ 115 (1,2); 116, 120 (* – за розв'язування задачі біля дошки)	Пр – 2 год.	[18 (а)]	Розв'язування домашніх задач: №№ 115 (3,4)	5*	
Змістовий модуль 2. Деякі застосування квантової теорії						
Тижд. 5 4 год.	Тема 1. Одновимірний рух. Загальні властивості одновимірного руху. Задача про частинку в потенціальній ямі	Лк – 2 год.	[2-9, 12-15, 18]	Задача про лінійний гармонічний осцилятор в координатному зображенні – 2 год.		
Тижд. 5-6 6 год.	Тема 2. Рух частинки в центрально-симетричному полі. Власні функції і власні значення операторів орбітального моменту імпульсу і проекції моменту імпульсу в полі центральних сил. Радіальне рівняння Шредінгера. Рух у кулонівському полі. Теорія атома гідрогену: радіальне рівняння Шредінгера, енергетичний спектр електрона (формула Бальмера)	Лк – 2 год.	[2-9, 12-15, 18]	Хвильові функції атома гідрогену. Класифікація атомів за допомогою квантових чисел – 2 год.		

Тиж. / дата / год.	Тема, план	Форма діяльності (заняття)	Матеріали, література, ресурси в Інтернеті	Самостійна робота, завдання, год.	Вага оцінки, к-ть балів	Термін виконання
	Атом гідрогену Розв'язування задач в аудиторії: №№ 162; 164; 166; 168 (* – за розв'язування задачі біля дошки)	Пр – 2 год.	[18 (а)]	Розв'язування домашніх задач: №№ 163; 165; 171; 172	5*	
Тижд. 7 2 год.	Тема 1. Спін електрона. Оператори спіна. Хвильова функція електрона з урахуванням спіна. Повний набір величин, що спостерігаються для електрона в атомі	Лк – 1 год.	[2-9, 12-15, 18]	Власний механічний і магнітний моменти електрона. Експериментальні методи доказу існування спіну електрона. Досліди Ейнштейна і де Гааза, Штерна і Герлаха – 1 год.		
Змістовий модуль 3. Фізика атомів і молекул						
Тижд. 4 год.	Тема 1. Теорія збурень. Наближені методи квантової механіки. Стаціонарна теорія збурень в квазікласичному наближенні (за наявності і відсутності виродження)	Лк – 2 год.	[2-9, 12-15, 18]	Система тотожних частинок. Принцип тотожності частинок: симетричні та антисиметричні стани. Зв'язок спіна зі статистикою: бозони, ферміони. Принцип Паулі – 2 год.		
Тижд. 7 4 год.	Тема 2. Атом гелію. Якісна теорія атома гелію. Мультиплетність станів. Орто- і парагелій. Багатоелектронні атоми. Класифікація станів електрона в атомі. Періодична система елементів Д.І. Менделєєва	Лк – 2 год.		Наближена кількісна теорія атома гелію: поняття про метод самоузгодженого поля. Обмінна та кулонівська енергії – 2 год.		
Тижд. 7-8 4 год.	Тема 3. Взаємодія атома з електромагнітним полем. Молекула водню. Природа хімічного зв'язку	Лк – 2 год.		Атоми в зовнішньому полі. Ефект Зеємана. Пара- і діаманітні властивості атомів і молекул. Напівпровідники і їх застосування – 2 год.		
	Спін електрона. Магнітні властивості атомів Розв'язування задач в аудиторії: №№ 213; 214; 215; 216; 222 (* – за розв'язування задачі біля дошки)	Пр – 2 год.	[18 (а)]	Розв'язування домашніх задач: №№ 208; 209; 217; 233	5*	
Тижд. 8 2 год.	Тема 4. Висновки. Формальна схема квантової механіки. Межі застосування квантової теорії.	Лк – 1 год.	[1, 12, 16, 19-21]	Фізична картина мікросвіту – 1 год.		
Тижд.	<i>Колоквіум №1</i>		Запитання	Обґрунтування 2-х теоретичних питань курсу за	5	**

Тиж. / дата / год.	Тема, план	Форма діяльності (заняття)	Матеріали, література, ресурси в Інтернеті	Самостійна робота, завдання, год.	Вага оцінки, к-ть балів	Термін виконання
8 2 год.			до колоквиум у в НМК	темами модуля 1: Квантова механіка (1 питання – за планом курсу лекцій, 2 – самостійної роботи) – 2 год. <i>Розподіл балів:</i> по 2,5 балів за кожне питання		
Тижд. 8 2 год.	<i>Модульна контрольна робота №1</i>		Завдання за варіантами в НМК	Виконання тестових завдань та розв'язування розрахункових задач з квантової механіки (<i>за варіантами</i>) – 2 год. <i>Розподіл балів:</i> 15 тестових запитань – по 0,1 балу; 2 прості задачі – по 1 балу; 3 задачі середнього рівня складності – по 1,5 бали; 1 задача високого рівня складності – 2 бали.	10	**
МОДУЛЬ 2. СТАТИСТИЧНА ТЕРМОДИНАМІКА Змістовий модуль 1. Термодинаміка						
Тижд. 9 1 год.	Тема 1. Вступ. Феноменологічний і статистичний методи в фізиці. Феноменологічна термодинаміка і статистична фізика	Лк – 1 год.	[1, 16, 20, 22, 23, 25, 26, 28-34]			
Тижд. 9 4 год.	Тема 2. Основні поняття термодинаміки. Термодинамічна система, параметри, рівновага. Нульове начало термодинаміки. Температура. Рівноважні і нерівноважні процеси. Внутрішня енергія системи. Робота і теплота. Термічне і калоричне рівняння стану	Лк – 1 год.	[1, 16, 20, 22, 23, 25, 26, 28-34]	Гомогенні і гетерогенні системи – 1 год.		
	Рівняння стану Розв'язування задач в аудиторії: №№ 1 – 1; 2; 3; 4; 5; 6; 8 (* – за розв'язування задачі біля дошки)	Пр – 2 год.	[36 (а)]	Розв'язування домашніх задач: №№ 1 – 9; 10; 11		
Тижд. 10-11 6 год.	Тема 3. Перший закон термодинаміки. Різні формулювання першого закону термодинаміки. Теплоємності і теплоти ізотермічних змін зовнішніх параметрів. Загальний вираз для зв'язку між C_p і C_V для простої системи (доведення)	Лк – 2 год.	[1, 16, 20, 22, 23, 25, 26, 28-34]	Основні термодинамічні процеси (політропічний, адіабатичний, ізотермічний) та їхні рівняння – 2 год.		

Тиж. / дата / год.	Тема, план	Форма діяльності (заняття)	Матеріали, література, ресурси в Інтернеті	Самостійна робота, завдання, год.	Вага оцінки, к-ть балів	Термін виконання
	Робота і кількість теплоти Розв'язування задач в аудиторії: №№ 1 – 32; 33; 34; 35; 36; 37; 38 (* – за розв'язування задачі біля дошки)	Пр – 2 год.	[36 (a)]	Розв'язування домашніх задач: №№ 1 – 39; 40; 41	5*	
Тижд. 11 2 год.	Тема 4. Другий закон термодинаміки. Різні формулювання другого закону термодинаміки. Оборотні і необоротні процеси. Ентропія та абсолютна температура. Термодинамічна шкала температур. Специфічність теплоти як форми енергії. Основне рівняння термодинаміки для рівноважних процесів. Зв'язок між термічним і калоричним рівняннями стану	Лк – 1 год.	[1, 16, 20, 22, 23, 25, 26, 28-34]	Зростання ентропії при дифузії газів і парадокс Гіббса. Друге начало термодинаміки для нерівноважних процесів. Закон зростання ентропії. Цикл Карно і теореми Карно – 1 год.		
Тижд. 11 2 год.	Тема 5. Третій закон термодинаміки. Різні формулювання третього закону термодинаміки. Теорема Нернста. Недосяжність абсолютного нуля	Лк – 1 год.	[1, 16, 20, 22, 23, 25, 26, 28-34]	Хімічна спорідненість. Виродження ідеального газу – 1 год.		
Тижд. 12 2 год.	Тема 6. Методи термодинаміки. Метод циклів. Метод термодинамічних потенціалів. Рівняння Гіббса-Гельмгольца. Термодинамічні потенціали ідеального газу (внутрішня енергія). Термодинамічні потенціали систем із змінним число частинок. Хімічний потенціал	Лк – 1 год.	[1, 16, 20, 22, 23, 25, 26, 28-34]	Термодинамічні потенціали ідеального газу (вільна енергія, термодинамічний потенціал Гіббса, ентальпія). Недоліки термодинамічного опису процесів – 2 год.		
	Метод циклів та його застосування Розв'язування задач в аудиторії: №№ 1 – 126; 127; 128; 129; 130; 131; 132 (* – за розв'язування задачі біля дошки)	Пр – 2 год.	[36 (a)]	Розв'язування домашніх задач: №№ 1 – 134; 135; 136	5*	
Тижд. 12 2 год.	Тема 7. Фазові переходи і критичні явища		[1, 16, 20, 22, 23, 25, 26, 28-34]	Умови рівноваги двох фаз речовини та її стійкість. Класифікація фазових переходів. Фазові перетворення першого роду та умови рівноваги фаз в однокомпонентній системі.		

Тиж. / дата / год.	Тема, план	Форма діяльності (заняття)	Матеріали, література, ресурси в Інтернеті	Самостійна робота, завдання, год.	Вага оцінки, к-ть балів	Термін виконання
				Крива рівноваги фаз. Рівняння Клайперона-Клаузіуса. Температурна залежність тиску насиченої пари. Критична точка. Рівновага трьох фаз речовини, потрійна точка. Поняття про фазові переходи другого роду. Критичні явища – 2 год.		
Змістовий модуль 2. Статистична термодинаміка						
Тижд. 13 2 год.	Тема 1. Макроскопічний і мікроскопічний стани системи. Мікроскопічний опис макросистеми і статистичний характер макропроцесів. Термодинамічна рівновага. Фазовий простір, фазова траєкторія. Поняття про статистичний ансамбль системи. Функція розподілу в фазовому просторі. Припущення про рівність середнього за часом середньому за статистичним ансамблем. Ергодична гіпотеза. Макроскопічні величини як фазові середні мікроскопічних змінних	Лк – 1 год.	[1, 16, 20, 22, 23, 25, 26, 28-34]	Теорема Ліувілля про збереження фазового об'єму – 1 год.		
Тижд. 13 2 год.	Тема 2. Мікроканонічний і канонічний розподіли Гіббса. Зв'язок статистичного розподілу з адитивними законами збереження. Мікроканонічний розподіл в класичній статистиці. Квазінезалежні підсистеми і канонічний розподіл Гіббса	Лк – 1 год.	[1, 16, 20, 22, 23, 25, 26, 28-34]	Фізичний зміст модуля канонічного розподілу – 1 год.		
Тижд. 13-14 6 год.	Тема 3. Розподіл Максвелла-Больцмана. Розподіл Максвелла і Больцмана як частинні випадки канонічного розподілу Гіббса. Молекула ідеального газу як квазінезалежна підсистема. Розподіл молекул за імпульсами і координатами.	Лк – 1 год.	[1, 16, 20, 22, 23, 25, 26, 28-34]	Розподіл молекул за енергіями. Бараметрична формула, обмеженість її застосування – 1 год.		

Тиж. / дата / год.	Тема, план	Форма діяльності (заняття)	Матеріали, література, ресурси в Інтернеті	Самостійна робота, завдання, год.	Вага оцінки, к-ть балів	Термін виконання
	Розподіл молекул за швидкостями. Розподіл молекул за висотою у полі сил тяжіння					
	Розподіл Максвелла Розв'язування задач в аудиторії: №№ 2 – 20; 27; 31; 32; 36 (* – позначення задачі в збірнику)	Пр – 2 год.	[36 (а)]	Розв'язування домашніх задач: №№ 2 – 21; 23; 24; 30	5*	
	Розподіл Больцмана Розв'язування задач в аудиторії: №№ 2 – 41; 45; 51; 52 (* – позначення задачі в збірнику)	Пр – 2 год.	[36 (а)]	Розв'язування домашніх задач: №№ 2 – 42; 44; 47; 49	5*	
Тижд. 15 2 год.	Тема 4. Розподіл Гіббса в квантовій статистиці. Розподіл Гіббса в квантовій статистиці. Статистична сума і статистична вага. Перехід від квантової статистики до класичної	Лк – 1 год.	[1, 16, 20, 22, 23, 25, 26, 28]	Квазікласичний розподіл (метод квантових комірок) – 1 год.		
Тижд. 15 2 год.	Тема 5. Статистичний зміст законів термодинаміки. Перший закон статистичної термодинаміки як наслідок канонічного розподілу. Статистичний зміст ентропії. Формула Больцмана	Лк – 1 год.	[1, 16, 20, 22, 23, 25, 26, 28-34]	Статистичний характер II закону термодинаміки. Статистичне обґрунтування III закону термодинаміки – 1 год.		
Тижд. 15 2 год.	Тема 6. Обчислення термодинамічних функцій ідеального газу. Термодинамічні величини як середні за канонічним розподілом. Статистичний інтеграл для ідеального газу. Обчислення основних термодинамічних функцій за допомогою канонічного розподілу. Рівняння стану ідеального газу	Лк – 1 год.	[1, 16, 20, 22, 23, 25, 26, 28-34]	Обчислення основних параметрів термодинамічної системи за допомогою канонічного розподілу. Рівняння Гіббса-Гельмгольца – 1 год.		
Тижд. 16 1 год.	Тема 7. Розподіли Фермі і Бозе		[1, 16, 20, 22, 23, 25, 26, 28-34]	Різні моделі поведінки частинок. Модель Максвелла-Больцмана. Нерозрізненість частинок. Моделі Бозе-Ейнштейна і Фермі-Дірака. Вивід формул статистичних розподілів		

Тиж. / дата / год.	Тема, план	Форма діяльності (заняття)	Матеріали, література, ресурси в Інтернеті	Самостійна робота, завдання, год.	Вага оцінки, к-ть балів	Термін виконання
				Фермі-Дірака і Бозе-Ейнштейна із великого канонічного розподілу. Умови переходу до розподілу Гіббса (Максвелла-Больцмана), критерій виродження – 1 год.		
Тижд. 16 1 год.	Тема 8. Квантова теорія теплоємності твердих тіл		[1, 16, 20, 22, 23, 25, 26, 28-34]	Класична теорія. Теплоємність при низьких температурах. Модель Ейнштейна. Недоліки теорії Ейнштейна. Нормальні моди. Фонони. Модель Дебая. Температура Дебая. Вивід формули для теплоємності, виходячи із уявлень про фонони – 1 год.		
Тижд. 17 2 год.	<i>Колоквіум №2</i>		Запитання до колоквіуму в НМК	Обґрунтування 2-х теоретичних питань курсу за темами модуля 2 (1 питання – з термодинаміки, 2 – із статистичної фізики) – 2 год. <i>Розподіл балів:</i> по 2,5 бали за кожне питання	5	**
Тижд. 17 2 год.	<i>Модульна контрольна робота №2</i>		Завдання за варіантами в НМК	Розв'язування розрахункових задач середнього рівня складності з термодинаміки і статистичної фізики – 2 год. <i>Розподіл балів:</i> 2 задачі з термодинаміки – по 3 бали; 1 задача із статистичної фізики – 4 бали	10	**
Тижд. 17 2 год.	<i>Захист домашніх та індивідуальних задач</i>		[11, 24, 27]	Захист виконаних домашніх задач (ДЗ) за темами практичних занять та задач згідно з планом індивідуальних завдань (ІДЗ) – 2 год. <i>Розподіл балів:</i> Виконання ДЗ – 4,5 бали, захист ДЗ – 0,5 балів; Виконання 26 ІДЗ – 26 задач по 0,75 балів, захист ІДЗ – 0,5 балів.	5 (ДЗ); 20 (ІДЗ)	**
Усього 90 год.		Лк – 24 год. Пр – 20 год.		46 год.	60	

Примітки (позначення і скорочення): * – за практичні заняття виставляється середній бал (СБ);

** – всі форми поточної звітності мають бути складені за тиждень до екзамену згідно графіку освітнього процесу;

ДЗ – задачі для самостійного розв'язування вдома за планом практичних занять

ІДЗ – індивідуальні завдання для самостійного виконання за індивідуальним планом.

6. Література для вивчення дисципліни

Методичне забезпечення дисципліни представлено навчальною та робочою програмами дисципліни, підручниками, навчальними посібниками, навчально-методичним комплексом дисципліни (конспекти лекцій, перелік запитань для самоконтролю під час підготовки до практичних занять, завдання для підготовки до модульних контрольних робіт, тематика рефератів, перелік питань для підготовки до колоквиумів з теоретичного матеріалу, екзамену тощо):

КВАНТОВА МЕХАНІКА

а) базова

1. Астахов А.В. Квантовая физика / Астахов А.В., Широков Ю.М. – М.: Наука, 1983. – 249 с.
2. Бережной Ю.А. Лекції з квантової механіки: навч. Посібник / Ю.А. Бережной. – К.: Видавництво «Майстер-клас», 2008. – 448 с.
3. Блохинцев Д.И. Основы квантовой механики / Д.И. Блохинцев. – [6-е изд.]. – М.: Высшая школа, 1983, – 64 с.
4. Борисоглебский Л.А. Квантовая механика / Л.А. Борисоглебский. – Минск: Издательство БГУ, 1988. – 622 с.
5. Венгер С.Ф. Збірник задач з квантової механіки / Венгер С.Ф., Грибань В.М., Мельничук О.В. – К.: Вища шк., 2003. – 230 с.
6. Венгер С.Ф. Основы квантовой механики / Венгер С.Ф., Грибань В.М., Мельничук О.В. – К.: Вища шк., 2002. – 286 с.
7. Глауберман А.Ю. Фізика атома та квантова механіка / Глауберман А.Ю., Манакин Л.О. – К.: Вища школа, 1972. – 291 с.
8. Грашин А.Ф.. Квантовая механика / А.Ф. Грашин. – М.: Просвещение, 1974. – 208 с.
9. Давыдов А.С. Квантовая механика / А.С. Давыдов. – М.: Наука, 1973. – 704 с.
10. Дирак П.А.М. Принципы квантовой механики / П.А.М. Дирак. – М.: Физматгиз, 1960. – 434 с.
11. Друкарев Г.Ф. Квантовая механика / Г.Ф. Друкарев. – Ленинград: изд. ЛГУ, 1988. – 200 с.
12. Компанец А.С. Курс теоретической физики: [в 2-х т.] / А.С. Компанец. – М.: Просвещение, 1972. – Т.1: Элементарные законы. – 1972. – 512 с.
13. Ландау Л.Д. Краткий курс теоретической физики: [в 3-х кн.] / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – М.: Наука, 1969. – Кн. 2: Квантовая механика. – 1972. – 378 с.
14. Ландау Л.Д. Теоретическая физика. Квантовая механика (Нерелятивистская теория) / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – М.: Наука, 1989. – Т.3. – 768 с.
15. Левич В.Г. Курс теоретической физики: [в 2-х т.] / Левич В.Г., Вдовин Ю.А., Мямлин В.А. – М.: Наука, 1969. – Т. 2: Квантовая механика. Квантовая статистика и физическая кинетика. – 1971. – 637 с.
16. Матвеев А.Н. Атомная физика / А.Н. Матвеев. – М.: Высшая школа, 1989, –150 с.
17. Матвеев А.Н. Квантовая механика и строение атома / А.Н. Матвеев. – М.: Высшая школа, 1965. – 356 с.
18. Серова Ф.Г. Сборник задач по теоретической физике: Квантовая механика, статистическая физика: [учеб. Пособ. Для студ. Пед. Ин-тов по физ. Спец.] / Серова Ф.Г., Янкина А.А. – М.: Просвещение, 1979. – 192 с.
19. Соколов А.А. Квантовая механика / Соколов А.А., Тернов И.М., Жуковский В.Ч. – М.: Наука, 1979. – 529 с.

20. Соколов А.А. Квантовая механика и атомная физика / Соколов А.А., Тернов И.М. – М.: Просвещение, 1970. – 423 с.
21. Федорченко А.М. Основы квантовой механики / А.М. Федорченко. – К.: Вища школа, 1979. – 271 с.
22. Фок В.А. Начала квантовой механики / В.А. Фок. – М.: Наука, 1976. – 376 с.
23. Шпольский Э.В. Атомная физика: [в 2-х т.] / Э.В. Шпольский. – М.: Наука, 1974. – Т. 1: Введение в атомную физику. – 1974. – 575 с.
24. Шпольский Э.В. Атомная физика: [в 2-х т.] / Э.В. Шпольский. – М.: Наука, 1974. – Т. 2: Основы квантовой механики и строение электронной оболочки атома. – 1974. – 447 с.
25. Энрико Ферми. Квантовая механика: конспект лекций / Энрико Ферми. – М.: Мир, 1968. – 366 с.

б) додаткова

26. Бережной Ю.А. Лекції з квантової механіки: навчальний посібник / Ю.А.Бережной. – К. : Видавництво «Майстер клас», 2008. – 448 с.
27. Мигдал А.Б. Квантовая физика для больших и маленьких / А.Б. Мигдал. – М.: Наука, 1989. – 144 с. – (Б-чка «Квант». Вып. 75.)
28. Подопрігора Н.В. Фізика твердого тіла / Подопрігора Н.В., Садовий М.І., Трифонова О.М. – Кіровоград : “Авангард”, 2013. – 416 с.
29. Савельев И.В. Основы теоретической физики: [в 2-х т.] / И.В. Савельев. – М.: Наука, 1975. – Т.2: Квантовая механика. – 1977. – 351 с.
30. Суханов А.Д. Лекции по квантовой физике / А.Д. Суханов. – М.: Высшая школа, 1991. – 383 с.
31. Тарасов Л.В. Основы квантовой механики / Л.В. Тарасов. – М.: Высшая школа, 1978. – 286 с.
32. Фано У. Физика атомов и молекул / Фано У., Фано Л. – М.: Наука, 1980. – 656 с.
33. Фон Нейман Дж. Математические основы квантовой механики / Джон фон Нейман. – М. : Наука, 1964. – 367 с.

СТАТИСТИЧНА ТЕРМОДИНАМІКА

а) основна

34. Базаров И.П. Термодинамика : [учебник] / Базаров И.П. – М. : Высш. шк., 1983. – 344 с.
35. Василевский А.С. Статистическая физика и термодинамика : [учеб. пособие для студентов ф.-м. фак. пед ин.-тов] / А.С. Василевский, В.В. Мултановский. – М. : Просвещение, 1985. – 256 с.
36. Волчанський О.В. Термодинаміка і статистична фізика: навчальний посібник [для студ. фізик. спец. пед. вищ. закл.] / Волчанський О.В., Подопрігора Н.В., Гур'євська О.М. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В.Винниченка, 2012. – 428 с. – (Рекомендовано МОНмолодьспорту лист № 1/11-12975 від 08.08.12)
37. Курс теоретической физики : Учебное пособие для ВУЗов в 10 томах / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – М. : [Физматлит](#), 2005. – Т.5. – Ч.1 : Статистическая физика. – 616 с.
38. Матвеев А.Н. Молекулярная физика : [учеб. для физ. спец. вузов] / Матвеев А.Н. – М. : Высш. шк., 1987. – 360 с.
39. Основи статистичної фізики і термодинаміки : [навч. посіб.] / Венгер Є.Ф. , Грибань В.М., Мельничук О.В. – К. : Вища шк., 2004. – 255 с.

б) додаткова

40. Левич В.Г. Курс теоретической физики : [в 2 т.] / В.Г. Левич. – М. : Мир, 1984. – Т. 1. – 398 с.
41. Ноздрев В.Ф. Курс статистической физики: [учеб. пособ. для студ. пед. ин-тов] / В.Ф. Ноздрев, А.А. Сенкевич. – М. : Высш. шк., 1969. – 288 с.
42. Ноздрев В.Ф. Курс термодинамики : [учеб. пособ. для студ. пед. ин-тов] / В.Ф. Ноздрев, А.А. Сенкевич. – М. : Высш. шк., 1967. – 248 с.
43. Радушкевич Л.В. Курс статистической физики / Л.В. Радушкевич. – М. : Учпедгиз, 1966. – 420 с.
44. Радушкевич Л.В. Курс термодинамики : [учеб. пособ. для студ. физ.-мат. фак-тов пед.ин-тов] / Л.В. Радушкевич. – М. : Просвещение, 1971. – 288 с.
45. Рейф Ф. Берклеевский курс физики : [в 5 т.] / Ф. Рейф. – М. : Наука, 1986. – Т. V. Статистическая физика. – 336 с.
46. Румер Ю.Б. Термодинамика. Статистическая физика и кинетика / Ю.Б. Румер, М.Ш. Рывкин. – М. : Наука, 1977. – 553 с.

14. Інформаційні ресурси

1. <http://nuclphys.sinp.msu.ru/index.html>
2. <http://ilib.mirror1.mccme.ru/>
3. http://booksobzor.info/estestvoznanie_nauchnotekhnicheskaja_literatura
4. <http://www.femto.com.ua/start.html>
5. <http://newlibrary.ru/genre/nauka/fizika/>
6. <http://www.netbook.perm.ru/fizika.html>
7. <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics/elementary.htm>

7. Політика виставлення балів. Вимоги викладача

ПІДСУМКОВИЙ РОЗПОДІЛ БАЛІВ, ЯКІ ОТРИМУЮТЬ СТУДЕНТИ

з курсу теоретичної фізики: квантова механіка та статистична термодинаміка

Поточне оцінювання та самостійна робота						Екзамен	Усього	
Теоретичний модуль		Практичний модуль			Самостійно-практичний модуль		40	100
К1	К2	МКР1	МКР2	СБ	ДЗ	ІДЗ		
5	5	10	10	5	5	20		

Примітка: Оцінювання проводиться за видами навчальної діяльності: К – колоквіум з теоретичного лекційного матеріалу; МКР – модульна контрольна робота; СБ – середній бал за практичні заняття; ДЗ – виконання і захист домашніх задач; ІДЗ – виконання і захист індивідуальних завдань.

Поточний контроль здійснюється шляхом проведення усного та письмового опитування (на колоквіумах та практичних заняттях, захист індивідуальних та домашніх задач), перевірка письмових робіт (модульних контрольних робіт, домашніх та індивідуальних задач), колективне обговорення (запитань, що виносяться на самостійне опрацювання, рефератів ін.).

Норми оцінювання усних відповідей:

При оцінюванні усної відповіді студентом оцінюються:

- висвітлення логічно відповідає змісту питань курсу;
- знання фактів до визначених елементів теорії та їх узагальнення;
- знання й висвітлення експериментальних результатів;
- знання принципів і постулатів;
- уміння пов'язувати зміст питань курсів загальної й теоретичної фізики;
- виражати власну точку зору стосовно аналізу елементів курсу та наукового світогляду людства;
- вміння застосувати знання в новій ситуації.

Завдання, яке одержує студент **на колоквіумі** складає два теоретичних запитання з висвітлення логічно завершеного елемента теорії із застосуванням математичного апарату.

5 балів ставиться тоді, коли студент: виявляє правильне розуміння фізичного змісту розглядуваних явищ і закономірностей, законів і теорій, дає точне визначення і тлумачення основних понять, законів і теорій, а також правильне визначення фізичних величин буде відповідь за власним планом, супроводжує розповідь власними прикладами, вміє застосувати знання в новій ситуації; може встановити зв'язок між матеріалом, що вивчається, і раніше вивченим.

4 бали студент одержує в разі неповного відтворення відповіді, пов'язане з випущенням або нерозумінням одного-двох положень, постулатів, принципів і невмінням визначити їх за довідниками, посібниками.

3 бали оцінюється відповідь, у якій лише відтворено основні постулати й принципи, на яких ґрунтується зміст відповідей без математичного виведення лише фрагментарним описом окремих елементів.

У 0 балів оцінюється відповідь, що складають логічно не зв'язані фрагментарні відомості, які не дозволяють судити про розуміння суті відповіді; відсутність знань законів, постулатів і їх математичних виразів.

Оцінювання письмових самостійних та контрольних робіт:

5 балів ставиться тоді, коли студент вільно володіє теоретичним матеріалом (законами, формулами), що проявляється у самостійному розв'язку задач на 4 й більше й більше логічних кроків, зводить значення фізичних величин до єдиної системи вимірювання, робить перевірку одиниць вимірювання шуканої фізичної величини.

4 бали ставиться тоді, коли студент засвоїв теоретичний матеріал, може самостійно розв'язувати задачі на 4 й більше логічних кроків репродуктивного характеру, зводить значення фізичних величин до єдиної системи вимірювання, робить перевірку одиниць вимірювання шуканої фізичної величини.

3 бали ставиться тоді, коли студент вміє розв'язувати задачі і вправи на 1-3 кроки репродуктивного характеру, зводить значення фізичних величин до єдиної системи вимірювання, робить перевірку одиниць вимірювання шуканої фізичної величини.

В усіх останніх випадках ставиться відповідь оцінюється у **0 балів**.

При оцінювання письмових робіт враховується частка завдання, яка виконана вірно.

Політика виставлення балів. Кожна оцінка виставляється відповідно до розроблених викладачем та заздалегідь оголошених студентам критеріїв, а також мотивується в індивідуальному порядку на вимогу студента; у випадку нездачі студентом завдання бали за нього не нараховуються. Лекції не відпрацьовуються, але інформація отримана під час лекційних занять значно спрощує підготовку до практичних занять, колоквиуму, контрольної роботи, екзамену. Враховуються середній бал (3, 4, або 5) отримані на практичних заняттях під час поточного опитування з теоретичних питань та під час розв'язування задач. Передбачена можливість виконання реферату на задану тему для підвищення рейтингової підсумкової оцінки (3, 4, або 5 балів). Ураховуються присутність на заняттях та активність студента під час практичних занять, вчасне виконання домашніх завдань; недопустимість пропусків та запізнь на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття; несвочасне виконання поставленого завдання й ін. У разі несвочасного виконання передбачених робочою навчальною програмою завдань, студент зобов'язаний повністю виконати завдання і здати його викладачу. Форму і час відпрацювання студент та викладач взаємопогоджують.

Політика академічної поведінки та доброчесності (плагіат, поведінка в аудиторії). Не допускаються жодні форми порушення академічної доброчесності. Конфліктні ситуації мають відкрито обговорюватись в академічних групах з викладачем, необхідно бути толерантним, поважати думку інших. Плагіат та інші форми нечесної роботи неприпустимі. Недопустимі підказки і списування у ході практичних занять, контрольних роботах, на іспиті. Норми академічної етики: дисциплінованість; дотримання субординації; чесність; відповідальність; робота в аудиторії з відключеними мобільними телефонами.

Вимоги викладача. Викладач ставить студентам систему вимог та правил поведінки студентів на заняттях, доводить до їх відома методичні рекомендації щодо виконання колоквиуму. Усе це сприяє високій ефективності освітнього процесу і є обов'язковою для дотримання студентами.

8. Індивідуальні завдання

Індивідуальні завдання з курсу теоретичної фізики: квантова механіка та статистична термодинаміка мають на меті перевірити компетентності студента самостійно розв'язувати фізичні задачі за змістом навчальної програми курсу, теоретичні основи яких були розглянуті на лекціях та під час вивчення самостійно, у тому числі сформованих практичних умінь розв'язувати задачі на практичних заняттях.

8.1. Перелік задач визначається за номером в журналі академічної групи.

Модуль 1. Квантова механіка

№ з/п	Номери індивідуальних задач за збірником: Иродов И.Е. Сборник задач по атомной и ядерной физике. Учебное пособие для вузов / И.Е. Иродов. – Изд. 5, перераб. – М.: Атомиздат, 1971. – 231 с.
-------	--

1.	2.28.	3.1.	3.15.	3.29.	3.43.	4.1.	4.15.	4.29.	4.43.	5.15.
2.	2.29.	3.2.	3.16.	3.30.	3.44.	4.2.	4.16.	4.30.	4.44.	5.16.
3.	2.30.	3.3.	3.17.	3.31.	3.45.	4.3.	4.17.	4.31.	4.45.	5.17.
4.	2.31.	3.4.	3.18.	3.32.	3.46.	4.4.	4.18.	4.32.	4.46.	5.18.
5.	2.32.	3.5.	3.19.	3.33.	3.47.	4.5.	4.19.	4.33.	4.47.	5.19.
6.	2.33.	3.6.	3.20.	3.34.	3.48.	4.6.	4.20.	4.34.	4.48.	5.20.
7.	2.34.	3.7.	3.21.	3.35.	3.49.	4.7.	4.21.	4.35.	4.49.	5.21.
8.	2.35.	3.8.	3.22.	3.36.	3.50.	4.8.	4.22.	4.36.	4.50.	5.22.
9.	2.36.	3.9.	3.23.	3.37.	3.51.	4.9.	4.23.	4.37.	4.51.	5.23.
10.	2.37.	3.10.	3.24.	3.38.	3.52.	4.10.	4.24.	4.38.	4.52.	5.24.
11.	2.38.	3.11.	3.25.	3.39.	3.53.	4.11.	4.25.	4.39.	4.53.	5.25.
12.	2.39.	3.12.	3.26.	3.40.	3.54.	4.12.	4.26.	4.40.	4.54.	5.26.
13.	2.40.	3.13.	3.27.	3.41.	3.55.	4.13.	4.27.	4.41.	4.55.	5.27.
14.	2.41.	3.14.	3.28.	3.42.	3.56.	4.14.	4.28.	4.42.	4.56.	5.28.
15.	2.42.	3.15.	3.29.	3.43.	3.57.	4.15.	4.29.	4.43.	4.57.	5.29.
16.	2.43.	3.16.	3.30.	3.44.	3.58.	4.16.	4.30.	4.44.	4.58.	5.30.

Модуль 2. Статистична термодинаміка

№ з/п	Нумерація задач за збірником: Волчанський О.В. Термодинаміка і статистична фізика: навчальний посібник [для студ. фізик. спец. пед. вищ. закл.] / Волчанський О.В., Подопрігора Н.В., Гур'євська О.М. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2012. – 428 с.								
1.	1-12.	1-26.	1-64.	1-82.	1-107.	1-123.	1-156.	1-170.	
	2-1	2-34	2-57	2-85	2-104	2-117	2-134	2-156	
2.	1-13.	1-27.	1-65.	1-83.	1-108.	1-124.	1-157.	1-171.	
	2-6	2-35	2-58	2-86	2-105	2-118	2-135	2-157	
3.	1-14.	1-28.	1-66.	1-84.	1-109.	1-125.	1-158.	1-172.	
	2-8	2-37	2-59	2-87	2-106	2-119	2-136	2-158	
4.	1-15.	1-29.	1-67.	1-85.	1-110.	1-133	1-159.	1-173.	
	2-13	2-38	2-60	2-88	2-107	2-120	2-137	2-159	
5.	1-16.	1-30.	1-68.	1-86.	1-111.	1-137.	1-160.	1-174.	
	2-14	2-39	2-61	2-89	2-108	2-123	2-141	2-160	
6.	1-17.	1-31.	1-69.	1-87.	1-112.	1-138.	1-161.	1-175.	
	2-17	2-40	2-67	2-90	2-109	2-124	2-142	2-161	

7.	1-18.	1-46.	1-70.	1-88.	1-113.	1-139.	1-162.	1-176.
	2-18	2-43	2-68	2-91	2-110	2-125	2-145	2-162
8.	1-19.	1-47.	1-71.	1-89.	1-114.	1-140.	1-163.	1-185.
	2-19	2-46	2-69	2-92	2-111	2-126	2-148	2-163
9.	1-20.	1-48.	1-72.	1-90.	1-115.	1-141.	1-164.	1-186.
	2-22	2-48	2-71	2-93	2-112	2-127	2-149	2-164
10.	1-21.	1-49.	1-73.	1-91.	1-116.	1-142.	1-165.	1-187.
	2-25	2-50	2-72	2-94	2-112	2-128	2-151	2-165
11.	1-22.	1-50.	1-74.	1-99.	1-117.	1-143.	1-166.	1-188.
	2-26	2-53	2-73	2-98	2-113	2-129	2-152	2-166
12.	1-23.	1-51.	1-75.	1-100.	1-118.	1-144.	1-167.	1-189.
	2-28	2-54	2-74	2-101	2-114	2-130	2-153	2-168
13.	1-24.	1-52.	1-76.	1-101.	1-119.	1-145.	1-168.	1-190.
	2-29	2-55	2-83	2-102	2-115	2-132	2-154	2-169
14.	1-25.	1-53.	1-77.	1-102.	1-120.	1-155	1-169.	1-191.
	2-33	2-56	2-84	2-103	2-116	2-133	2-155	2-170
15.	1-9	1-42	1-78	1-103	1-121	1-130	1-151	1-181
	2-15	2-36	2-70	2-81	2-106	2-143	2-160	2-164
16.	1-10	1-43	1-79	1-104	1-122	1-131	1-152	1-182
	2-11	2-32	2-66	2-82	2-121	2-144	2-161	2-165

Примітка: завдання виконуються в окремому зошиті з детальним поясненням до кожної задачі.

8.2. *Теми* рефератів для підвищення рейтингу на 5 балів за вибором студента і погодження з викладачем:

Модуль 1. Квантова механіка

- Експериментальні основи квантової механіки і її зв'язок з класичною фізикою.
- Одержання рівняння Шредінгера на основі дисперсійного рівняння. Оператори.
- Одержання рівняння Шредінгера на основі оптико-механічної аналогії.
- Зв'язок хвильової функції з експериментально вимірюваними величинами.
- Чисті та мішані квантові стани. Матриця густини.
- Теорія зображень.
- Тензорний формалізм в теорії моменту імпульса.
- Квантові стани дискретного спектра в центральних полях.
- Канонічні перетворення в квантовій механіці.
- Рух без спінової зарядженої частинки в магнітному полі.
- Частинка зі спіном у магнітному полі.

12. Магнітне поле орбітальних струмів і спінові магнітні моменти.
13. Задача двох частинок у квантовій механіці.
14. Тотожні частинки. Основи формалізму вторинного квантування.
15. Нестационарні явища в атомах і молекулах.
16. Фазова теорія розсіювання. Розсіювання повільних частинок. Резонансні явища під час розсіювання.
17. Розсіювання складних частинок.
18. Теорія фотоефекту.
19. Квантова теорія дисперсії.
20. Варіаційний метод у квантовій механіці.
21. Релятивістське хвильове рівняння для частинок з напівбілим спіном.

22. Релятивістська теорія атома гідрогену.
23. Енергетичний спектр атомних систем у магнітному полі. Ефект Зеемана.
24. Квантування електромагнітного поля.
25. Взаємодія атомних систем з квантовим електромагнітним полем.
26. Атоми і молекули як квантові системи. Стационарні стани атомів з одним і двома електронами.
27. Основні уявлення про ядерні сили. Дейтрон. Модель ядерних оболонок.
28. Кінематика розпадів і зіткнень.
29. Збереження моменту імпульсу і парності під час розпадів і зіткнень. Ізотонічні співвідношення.
30. Основи релятивістської квантової механіки.

Модуль 2. Статистична термодинаміка

1. Термодинамічний і статичний методи дослідження властивостей макроскопічних систем
2. Історичний огляд розвитку термодинаміки, молекулярно-кінетичної теорії, статистичної фізики
3. Правило фаз Гіббса. Потрійна точка
4. Температура та її застосування у науці
5. Температурні явища
6. Температура. Рівняння теплового руху молекул
7. Принцип роботи теплового двигуна
8. Зв'язок ентропії з імовірністю стану системи
9. Зміна ентропії в реальних системах
10. Ентропія термодинамічна і інформаційна
11. Загальнонаукове значення поняття ентропії
12. Хімічна термодинаміка
13. Теоретичні основи теплотехніки
14. Температурна залежність поверхневого натягу рідини

15. Значення поверхневого натягу під час утворення нової фази. Зародки
16. Рівноважна форма монокристалу. Принцип Гіббса-Кюрі і теорема Вульфа
17. Термодинаміка гальванічних і паливних елементів. Визначення хімічної спорідненості
18. Охолодження газу при необоротному та оборотному адіабатних розширеннях
19. Рівновага в гомогенній системі
20. Рівновага в гетерогенній системі
21. Ефект Джоуля-Томсона
22. Теорія дисоціації двохатомного газу
23. Від'ємні температури
24. Термодинамічна теорія флуктуацій
25. Часові кореляції флуктуацій термодинамічних величин
26. Термодинаміка діелектриків і магнетиків
27. Термодинаміка випромінювання

28. Термодинаміка плазми
29. Термодинаміка надпровідного переходу
30. Критичні і надкритичні явища. Теорія В.К. Семенченка
31. Термодинамічна теорія критичних показників
32. Варіаційні принципи термодинаміки необоротних процесів
33. Дисипативні функції Онзагера
34. Хімічні реакції і процеси релаксації
35. Термоелектричні явища
36. Термомеханічний і механокалоричний ефекти
37. Синергетика і її основні положення
38. Значення синергетики для сучасного природничо-наукового пізнання

39. Квантова теорія теплоємності двохатомних газів. Якісний аналіз
40. Квантова теорія теплоємності двохатомних газів. Кількісний аналіз
41. Вільні електрони в металі як вироджений фермі-газ
42. Рівноважне випромінювання як фотонний бозе-газ
43. Фотонний бозе-газ у кристалі.
44. Статистика носіїв струму в напівпровідниках
45. Нерівноважні системи. Методи кінетики
46. Рівняння кінетичного балансу. Принцип детальної рівноваги.
47. Кінетичне рівняння для електронів у металі. Тензор електропровідності

9. Підсумковий контроль

Підсумковий бал на екзамені обраховується як сума балів за виконані завдання в екзаменаційному білеті (1 теоретичне питання за програмою лекційного курсу – 13 балів; 2 теоретичне запитання за програмою самостійної роботи – 13 балів; 3 практичне завдання – розв’язування задачі – 14 балів. Усього 40 балів). **Кінцевий результат** обчислюється як сумарний бал за всі модулі (діє система накопичення балів).

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
		для екзамену
90 – 100	A	відмінно
82-89	B	добре
74-81	C	
64-73	D	
60-63	E	задовільно
35-59	FX	
0-34	F	незадовільно з можливістю повторного складання
		незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни

У випадку отримання менше 60 балів (FX, F в ECTS) за результатами семестрового контролю, студент обов’язково здійснює перескладання для ліквідації заборгованості.