

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

фізичний

(назва факультету)

Кафедра експериментальної фізики



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

(повна назва навчальної дисципліни)

« ПРАКТИКУМ З МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФІЗИКИ »

для студентів

галузь знань 10. Природничі науки
(шифр і назва)
спеціальність 104. Фізика та астрономія
(шифр і назва спеціальності)
освітній рівень бакалавр
(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)
освітня програма Фізичне матеріалознавство / Неметалічне матеріалознавство

(назва освітньої програми)

Спеціалізований вибірковий блок _____
(назва спеціалізації за наявності)

вид дисципліни обов'язкова OK 122
Форма навчання денна
Навчальний рік 2022/2023
Семестр 2
Кількість кредитів ECTS 3
Мова викладання, навчання та оцінювання українська
Форма заключного контролю залік

Продовжено: на 20__/20__ н.р. _____ (місяць, рік, день) «__» __ 20__ р.
на 20__/20__ н.р. _____ (місяць, рік, день) «__» __ 20__ р.

КИЇВ – 2022

Розробник(и): канд. фіз.-мат. наук, асистент кафедри експериментальної фізики
Башмакова Н.В., завідувача навчальної лабораторії кафедри експериментальної
фізики Бобир Н.І.

(вказати авторів: ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада, кафедра)

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри експериментальної фізики _____


(підпис)

(Ігор ДМИТРУК)
(прізвище та ініціал)

Протокол № 6 від « 19 » 05 2022 р.

Схвалено науково - методичною комісією факультету/інституту

Протокол № 11 від « 10 » червня 2022 року

Голова науково-методичної комісії _____


(підпис)

(Олег ОЛІХ)
(прізвище та ініціал)

1. Мета дисципліни полягає у поглибленні теоретичних знань з курсу «Молекулярна фізика та термодинаміка», одержаних на лекціях: сприянні докладнішому вивченню фізичних понять, явищ та законів; оволодінні студентами практичними навичками користування вимірювальними приладами, отриманні з досліду фізичної інформації, а також оволодінні культурою запису отриманої інформації, правильному представленню отриманих результатів у вигляді графіків, таблиць; математичною обробкою результатів експерименту та оцінки похибок вимірювання; формуванню навичок дослідницької діяльності, здатності абстрактного та критичного мислення. Тим самим *підкреслюється експериментальний характер фізики та науки загалом.*

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни (за наявності)¹:

- 1.Знати основні закони термодинаміки та молекулярної фізики, основи теорії похибок та обробки даних.
- 2.Вміти застосовувати попередні знання з представлення експериментальних даних, правил обчислення похибок вимірювань, обчислення похідних, інтегралів, вміти графічно будувати отримані експериментально залежності.
3. Володіти елементарними навичками роботи з вимірювальними приладами; пошуку та аналізу табличних даних, роботи з програмним забезпеченням для обробки даних, роботи в групі.

3. Анотація навчальної дисципліни:

Навчальна дисципліна **«Практикум з молекулярної фізики»** є складовою частиною вивчення *базової нормативної* дисципліни - загального курсу «Молекулярна фізика та термодинаміка». Формою викладання дисципліни **«Практикум з молекулярної фізики»** є лабораторні роботи. Заняття проводяться паралельно з курсом «Молекулярна фізика», який включає в себе лекції та практичні заняття, у відповідності до його програми. Тематика лабораторних робіт дозволяє більш успішно опанувати такі основні розділи курсу Молекулярної фізики:

- 1.Явища переносу (лабораторні роботи №5,7,8,9,10,11,17).
- 2.Фазові переходи (№12,13,16).
- 3.Термодинаміка (№2,3,13).
4. Капілярні явища та властивості рідин (№ 6,14).
5. Теплові властивості твердого тіла (№1,15)
6. Основи статистичної фізики (№5)
7. Звукові хвилі (№4)

Оскільки лабораторні роботи представлені в недостатній кількості установок для фронтального виконання за темою, яка викладається в лекційному курсі (що унеможливорює об'єднання робіт в модулі за змістом), то для забезпечення одночасного виконання робіт всіма студентами однієї групи лабораторні роботи призначаються викладачем в довільному порядку (без попереднього викладення матеріалу). Тому для ефективного виконання лабораторної роботи студент повинен самостійно ознайомитись з короткими теоретичними відомостями, які подані в описі лабораторної роботи, законспектувати їх. Теоретичні відомості в описах до лабораторних робіт викладено

стисло, тому для глибшого вивчення деяких теоретичних питань потрібно опрацювати рекомендовану літературу.

Для роз'яснення незрозумілих питань перед початком лабораторного заняття викладач може провести коротку **консультацію**.

4. Завдання (навчальні цілі):

- розвиток навичок студентів самостійно працювати та застосовувати теоретичні знання для вирішення практичних задач;
- засвоєння методів і прийомів фізичних вимірювань та оволодіння практичними навичками користування лабораторним устаткуванням, вміння аналізувати отримані результати;
- вміння застосовувати математичний апарат для обробки отриманих результатів експерименту; оволодіння культурою запису та представлення отриманої інформації у вигляді графіків, таблиць;
- набуття та розвиток навичок комунікації, роботи в групі;
- розвиток абстрактного та критичного мислення для подальшого застосування в науковій роботі.

5. Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1	1.1. Основні принципи та закони молекулярної фізики, їх математичне формулювання та фізичний зміст	Захист лабораторної роботи	-	40%
	1.2. знати про взаємозв'язок окремих явищ і процесів	Захист лабораторної роботи		30%
	1.3. про складності проведення вимірювань, точності отримання результатів та джерела імовірних похибок	Письмове оформлення лабораторної роботи		
	1.4. загальні правила безпеки при проведенні експериментальних досліджень	Вступна лекція Інструктаж		
2	2.1 представляти та аналізувати одержані результати	Захист лабораторної роботи		25%
	2.2 працювати з нескладним експериментальним устаткуванням, оцінювати похибки вимірювання	Проведення експерименту		
	2.3. обробляти та пояснювати отримані результати	Захист лабораторної роботи		
	2.4. оцінювати порядки величин, що досліджуються, їх точність та ступінь	Оформлення лабораторної роботи,		

	достовірності , розраховувати похибки вимірювань та формулювати висновки 2.5.самостійно працювати з навчальною, навчально-методичною та довідковою літературою з молекулярної фізики.	Захист лабораторної роботи		5%
3	3.1.вміти працювати у групі; 3.2.вміти вислуховувати співрозмовника та розуміти його точку зору.	Проведення експерименту Захист лабораторної роботи		
4.	4.1.нести особисту відповідальність за виконання правил безпеки, самостійну роботу з лабораторним устаткуванням 4.2 розвиток навичок студентів автономно працювати та застосовувати свої теоретичні знання для виконання експериментального завдання	Проведення експерименту Проведення експерименту		

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання (необов'язково для вибіркових дисциплін які не входять до блоків спеціалізації)

Результати навчання дисципліни(код)		1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	3.1	3.2	4.1	4.2
Програмні результати навчання (назва)														
ПРН1.Знати, розуміти та вміти застосовувати на базовому рівні основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, класичної, релятивістської та квантової механіки, молекулярної фізики та термодинаміки, електромагнетизму, хвильової та квантової оптики, фізики атома та атомного ядра для встановлення, аналізу, тлумачення, пояснення й класифікації суті та механізмів різноманітних фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики.	+													+
ПРН2.Знати і розуміти фізичні основи фізичних явищ: аналізувати, тлумачити, пояснювати і класифікувати будову Всесвіту (планет, зір, планетних систем, галактик тощо), а також основні фізичні процеси, які відбуваються в них.	+													
ПРН3.Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій.	+							+	+					
ПРН4.Вміти застосовувати базові математичні знання, які використовуються у фізиці: з аналітичної геометрії, лінійної алгебри, математичного аналізу, диференціальних та інтегральних рівнянь, теорії ймовірностей та математичної статистики, теорії груп, методів математичної фізики, теорії функцій комплексної змінної, математичного моделювання.								+	+					
ПРН8.Мати базові навички самостійного навчання: вміти відшуковувати потрібну інформацію в друкованих та електронних джерелах, аналізувати, систематизувати, розуміти, тлумачити та використовувати її для вирішення наукових і прикладних завдань.										+				+
ПРН9.Мати базові навички проведення теоретичних та/або експериментальних наукових досліджень з окремих спеціальних розділів фізики, що виконуються індивідуально (автономно) та/або у складі наукової групи.			+	+							+		+	+
ПРН11.Вміти упорядковувати, тлумачити та узагальнювати одержані наукові та практичні результати, робити висновки.	+				+		+	+	+					+
ПРН12. Вміти представляти одержані наукові результати, брати участь у дискусіях стосовно змісту і результатів власного наукового дослідження.					+							+		

ПРН14.Знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії різноманітних чинників, небезпечних для здоров'я людини.						+						+	
ПРН16.Мати навички роботи із сучасною обчислювальною технікою, вміти використовувати стандартні пакети прикладних програм і програмувати на рівні, достатньому для реалізації чисельних методів розв'язування фізичних задач, комп'ютерного моделювання явищ і процесів, виконання обчислювальних експериментів.							+	+					
ПРН19.Знати та розуміти необхідність збереження та примноження моральних, культурних та наукових цінностей і досягнень суспільства.										+			
ПРН24.Розуміти місце фізики у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій.									+				
ПРН28. Мати уявлення про трансдисциплінарний шлях розвитку науки та його значення для вибору майбутньої освітньої траєкторії.		+											+

7. Схема формування оцінки.

Схема формування оцінки здійснюється за рейтинговою системою.

Рейтинг кожної роботи складається з **10 балів**:

- підготовка до виконання лабораторної роботи (щоб отримати допуск до виконання треба вміти відповісти на контрольні запитання щодо виконання роботи, знати мету роботи та мати протокол з теоретичними відомостями) - **1 бал**
Без попередньої підготовки студент не допускається до виконання лабораторної роботи.
- виконання роботи та отримання експериментальних даних, кількість та якість вимірів – **2 бала**
- оформлення протоколу, обробка експериментальних даних: обчислення величин, похибок; пояснення розбіжностей і похибок у висновку – **3 бала**
- знання та розуміння матеріалу за темою роботи, що захищається – **4 балів**

При виставленні балів враховуються:

якість виконання та оформлення лабораторних робіт;
знання та розуміння матеріалу відповідної теми при захисті лабораторних робіт;
якість самостійної роботи студента при виконанні відповідних завдань для самостійної роботи.

Обов'язковим для заліку є виконання та захист **10** лабораторних робіт. Таким чином студент максимально може отримати **100 балів**

7.1 Форми оцінювання студентів:.

- 1.Письмове оформлення лабораторної роботи.
- 2.Усна відповідь.

семестрове оцінювання:

Студент, який виконав три роботи та не захистив жодної з них до наступної роботи не допускається.

Лабораторні роботи (10 робіт): РН -100 балів/10 балів за *кожну*

підсумкове оцінювання (у формі екзамену/комплексного екзамену, диференційованого заліку)²: диференційований залік

умови допуску до підсумкового екзамену з курсу «Молекулярная фізика»:

Отримання заліку з дисципліни «Практикум з молекулярної фізики» з рейтингом не менше ніж 60 балів. При невиконанні лабораторних робіт в повному обсязі, або виконанні з кількістю балів, меншою 60, студент до іспиту з курсу «Молекулярна фізика» не допускається.

7.2 Організація оцінювання: (обов'язково зазначається порядок організації передбачених робочою навчальною програмою форм оцінювання із зазначенням орієнтовного графіку оцінювання). Оцінювання проводиться впродовж одного семестру, після виконання та захисту лабораторної роботи. Для захисту лабораторної роботи студент має подати письмовий звіт про виконання відповідної лабораторної роботи, в якому крім даних попередньої підготовки мають бути первісні дані експерименту, кінцеві показники експерименту – формула та результат обчислення шуканої величини, похибки, відповідні графіки, висновки відносно методики вимірювань і знайдених закономірностей; а також відповісти на основні питання за темою роботи.

Основні контрольні запитання для захисту лабораторних робіт з молекулярної фізики

Робота №1. Визначення теплоємності металів методом охолодження

- Теплоємність речовини. Питома теплоємність. Порівняння питомих теплоємностей металів, діелектриків, рідин і газів.
- Теорії молярної теплоємності твердих тіл (теорії Дюлонга – Пті, Ейнштейна, Дебая),
- Кількість теплоти, яку тіло втрачає при охолодженні. Фізичний зміст коефіцієнта тепловіддачі.
- Для чого досліджувати металеві зразки виготовляються однакових розмірів і однакової форми?
- Яким чином у роботі визначається температурна залежність питомих теплоємностей заліза й алюмінію?
- Якою функцією описується залежність від часу температури зразка: а) під час нагрівання в пічці, б) під час охолодження у навколишньому повітрі?
- Як буде змінюватися з часом температура металевого зразка, якщо він буде холоднішим за навколишнє повітря?
- Чому напівпорожній чайник охолоджується швидше ніж повний?

Робота №2. Вимірювання теплоємності рідини

- Теплота. Кількість теплоти. Механічний еквівалент теплоти. Калорія
- Теплоємність речовини. Види теплоємностей. Які значення може набувати теплоємність в різних процесах? Теплоємності газів, рідин та твердих тіл.
- Для чого воду в калориметрі потрібно на початку досліду підігрівати на кілька градусів?
- Чим зумовлена поправка тета? Яким чином вона визначається в роботі?
- Що таке водяний еквівалент калориметра? Як його можна визначити експериментально? Для якого калориметра, латунного чи ебонітового, цей еквівалент буде більшим? Чому?
- Тіло людини на 70% (за масою) складається з води. Знайдіть у довіднику і порівняйте теплоємність води з теплоємностями інших рідин. Який ви можете зробити висновок? Яку

роль, на вашу думку, відіграє вода у тепловому балансі людського тіла?

Робота №3. Визначення відношення теплоємностей газів C_p/C_v

- Вивести формулу для визначення відношення теплоємностей C_p/C_v в даній роботі.
- Який процес називається адіабатичним? Вивести рівняння адіабатичного процесу.
- Чому процес випускання повітря з балону можна вважати адіабатичним? Яким повинен бути час відкривання крана для випускання повітря?
- Стан термодинамічної системи. Параметри стану. Процес у системі. Рівноважні і нерівноважні процеси. Процеси оборотні й необоротні. Колові процеси (цикли).
- Поняття про ступені вільності механічної системи. Число поступальних, обертальних та коливальних ступенів вільності системи N частинок.
- Теорема про рівнорозподіл енергії по ступенях вільності.
- Максимальне число ступенів вільності для одноатомних та двоатомних молекул.
- Залежність теплоємності газу, що складається з одноатомних та двоатомних молекул, від температури
- Які висновки можна зробити про досліджуваний газ за одержаними результатами?

Робота № 4. Визначення відношення C_p/C_v резонансним методом.

- Що таке пружна хвиля? Охарактеризуйте процес поширення пружної хвилі в газі.
- Вивести формулу швидкості розповсюдження пружної хвилі.
- Сформулюйте перший закон термодинаміки. Запишіть цей закон для ізобаричного, ізохоричного, ізотермічного й адіабатичного процесів.
- Вивести формулу Майєра для співвідношення між теплоємностями C_p і C_v .
- Що таке адіабатичний процес? Чому процес поширення звукової хвилі в газі можна вважати адіабатичним?
- Вивести рівняння Пуассона для адіабати. Записати рівняння адіабатичного процесу в змінних (P, V) , (T, V) і (P, T) .
- Що таке звукова хвиля? Виведіть формулу швидкості звуку в газі.
- У чому полягає сутність резонансного методу визначення швидкості звуку в газі?
- Чому при розповсюдженні звуку в закритому каналі можуть утворюватися нерухомі хвилі? За яких умов вони утворюватимуться?
- Як змінюється швидкість звуку в повітрі при зміні його температури?

Робота №5. Спостереження броунівського руху і визначення числа Авогадро

- Маса і розміри молекул. Що характеризує число Авогадро?
- Середня швидкість теплового руху молекул ідеального газу, її залежність від температури і маси молекул.
- Середня кінетична енергія теплового руху частинки, її залежність від температури.
- Що таке броунівський рух? Якими повинні бути маса і розміри броунівської частинки, щоб за її рухом можна було спостерігати в мікроскоп?
- Під дією яких сил відбувається рух броунівської частинки?
- Що таке флуктуація?
- Вивести формулу для визначення числа Авогадро в даній роботі.

Робота №6. Вимірювання коефіцієнта поверхневого натягу рідини

- У чому полягає відмінність рідини від газу і твердого тіла?
- Чим зумовлений поверхневий натяг рідини? Фізичний зміст коефіцієнта поверхневого натягу.
- Зв'язок коефіцієнта поверхневого натягу з вільною енергією Гельмгольца
- Змочування і незмочування рідиною твердого тіла. Крайовий кут.

- Тиск під викривленою поверхнею рідини. Нормальні перерізи викривленої поверхні. Середня кривина поверхні. Формула Лапласа для тиску.
- Що являє собою капіляр? Виведіть формулу для висоти підняття рівня рідини в капілярі.
- Пояснити, як утворюються мильні бульбашки. Чому дорівнює тиск повітря всередині бульбашки?
- Наведіть приклади явищ, у яких проявляється поверхневий натяг рідин. Наведіть приклади капілярних явищ.

Робота №7. Визначення коефіцієнта внутрішнього тертя рідини методом Стокса

- В'язкість рідини. Формула Ньютона для сили взаємодії між шарами рідини, що рухаються один відносно одного. Фізичний зміст коефіцієнта внутрішнього тертя (коефіцієнта в'язкості).
- Які сили діють на кульку, що рухається в рідині? Яка з цих сил залежить від швидкості руху кульки?
- У чому полягає метод Стокса для вимірювання коефіцієнта в'язкості рідини?
- Вивести формулу для визначення коефіцієнта в'язкості.
- Який шлях повинна пройти кулька до того моменту, коли вона вже почне рухатися рівномірно? Як цей шлях залежить від радіуса кульки?
- Чому в роботі використовуються кульки з великою густиною (10,88 г/см³)?
- Чому розміри внутрішньої циліндричної посудини (її радіус) впливають на вимірювання коефіцієнта в'язкості? При якому співвідношенні між радіусом кульки r і циліндра R похибка визначення η не буде перевищувати 1%?
- Для чого в роботі потрібна зовнішня циліндрична посудина заповнена водою?

Робота №8. Визначення коефіцієнта внутрішнього тертя рідини капілярним віскозиметром

- В'язкість рідини. Формула Ньютона для сили внутрішнього тертя. Фізичний зміст коефіцієнта внутрішнього тертя (коефіцієнта в'язкості).
- Вивести формулу Пуазейля.
- Чому у віскозиметр потрібно кожного разу наливати однакову кількість рідини? Наскільки зросте похибка вимірювання η , якщо кількість рідини буде різною для різних дослідів?
- Принцип дії капілярного віскозиметра. Чому вимірюваний коефіцієнт в'язкості прямо пропорційний часу витікання розчину?
- Чим, на вашу думку, повинен визначатися діаметр капіляра віскозиметра?
- Чи можна за допомогою капілярного віскозиметра виміряти абсолютне значення коефіцієнта в'язкості (а не лише його відношення до коефіцієнта в'язкості води)?

Робота №9. Визначення коефіцієнта в'язкості газу

- Ламінарна і турбулентна течія. Відмінність між ними. Навести приклади.
- Залежність швидкості руху газу (рідини) від відстані до осі циліндричної трубки при ламінарній течії і повному змочуванні газом (рідиною) стінок трубки.
- Вивести формулу Пуазейля.
- Яким чином у роботі визначається коефіцієнт в'язкості газу?
- Що характеризує число Рейнольдса? Які числа Рейнольдса відповідають ламінарній і турбулентній течії?
- Оцінити кількість рідини, яка повинна витікати з газометра, щоб потік газу в капілярі був ламінарним.
- Яким чином можна переконатися у тому, що газ у капілярі є нестисливим?

-Залежність коефіцієнта в'язкості газу від температури.

Робота №10. Визначення коефіцієнта теплопровідності повітря.

-Способи передавання теплоти. Тепловий потік.

-У чому полягає суть явища теплопровідності? Фізичний зміст коефіцієнта теплопровідності.

-Напишіть формулу для коефіцієнта теплопровідності ідеального газу.

-Поясніть поняття градієнту температури.

-У чому полягає метод нагрітої дротини для визначення коефіцієнта теплопровідності газів?

-Як оцінити середню довжину вільного пробігу та ефективний діаметр молекули газу, використовує явище теплопровідності?

-Проаналізуйте залежність одержаних значень коефіцієнта теплопровідності повітря від тиску і температури. Поясніть цю залежність.

-Основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії газів.

-Обґрунтуйте, чому у роботі теплопередача відбувається головним чином за рахунок теплопровідності.

-Поясніть, яким чином теплий одяг зігріває людину.

Робота №11. Визначення коефіцієнта теплопровідності твердих тіл

-Залежність теплоємності твердих тіл від температури. Теорія Дебая.

-У чому полягає відмінність між стаціонарним і рівноважним станами термодинамічної системи? Навести приклади таких станів.

-Чим зумовлені похибки у визначенні коефіцієнта теплопровідності твердих тіл за допомогою приладу Христіансена? Що ви можете запропонувати для того, щоб підвищити точність вимірювання коефіцієнта теплопровідності?

-Закон Фур'є для теплопровідності. Фізичний зміст коефіцієнта теплопровідності. Як співвідносяться між собою коефіцієнти теплопровідності для повітря, ебоніту, міді?

-Чи можна на експериментальній установці, що використовується в роботі, визначити коефіцієнт теплопровідності металевої пластини, наприклад, мідної чи алюмінієвої? А пластини, виготовленої з деякого поруватого матеріалу? Чому?

-Зв'язок коефіцієнта теплопровідності твердого тіла з теплоємністю, його залежність від температури.

-Оцінити різницю температур між верхньою і нижньою поверхнями одного з латунних дисків, що використовуються в роботі.

-Розрахувати тепловий потік, який проходить через пластини.

Робота №12. Коефіцієнт взаємної дифузії рідина – повітря

-У чому полягає явище дифузії? Яка величина переноситься при дифузії?

-Напишіть формулу закону Фіка і поясніть фізичний зміст коефіцієнта дифузії

-Напишіть формулу для коефіцієнта дифузії ідеального газу

-Що таке парціальний тиск? Як можна визначити тиск суміші газів?

-Що таке абсолютна та відносна вологість повітря. Як вона залежить від температури?

-У чому полягає метод визначення коефіцієнта взаємної дифузії повітря і водяної пари за швидкістю випаровування рідини з капіляра?

-Виведіть розрахункову формулу для визначення коефіцієнта взаємної дифузії.

-Поясніть, як залежить від вологості повітря швидкість дифузії.

-Основні джерела похибок даного методу вимірювань.

Робота №13. Визначення вологості повітря

- Абсолютна й відносна вологість повітря. В яких одиницях вимірюються величини?
- Експериментальне визначення абсолютної та відносної вологості. Принцип дії психрометра.
- Насичена пара. Залежність тиску насиченої пари від температури. Що відбуватиметься з насиченою парою при її ізотермічному стисканні?
- Як вологість повітря у замкненому об'ємі залежить від температури?
- Що таке точка роси? Як її можна визначити експериментально? Від чого вона залежить?
- Пояснити, як відбувається процес кипіння рідини. Як температура кипіння залежить від зовнішнього тиску?
- Закон Дальтона.
- Барометрична формула.
- Фазова діаграма для води. Рівняння Клапейрона-Клаузіуса.

Робота №14. Визначення коефіцієнта об'ємного розширення рідини

- Залежність об'єму рідини від температури. Фізичний зміст температурного коефіцієнта об'ємного розширення.
- Яким чином коефіцієнт об'ємного розширення визначається у роботі?
- Як забезпечується незмінність температур рідин в обох частинах установки?
- Як можна точно виміряти різницю висот стовпів рідини в U-подібних трубках?
- Чи повинні U-подібні трубки містити однакову кількість досліджуваної рідини?
- Яким чином за допомогою рідинного манометра можна вимірювати різницю тисків?
- Чому дорівнює коефіцієнт об'ємного розширення повітря? Пояснити, чому він значно більший за коефіцієнт об'ємного розширення рідини.

Робота №15. Лінійне розширення твердого тіла

- Кристалічні та аморфні тверді тіла. Приклади.
- Типи кристалів. Види кристалічних ґраток.
- Залежність потенціальної енергії взаємодії двох атомів від відстані між ними.
- Потенціальна енергія гармонічного та ангармонічного осциляторів.
- Чим зумовлене теплове розширення твердих тіл? У яких випадках тверде тіло при нагріванні буде стискатися?
- Залежність відносного видовження ланцюжка атомів від температури.
- Дати означення коефіцієнта лінійного термічного розширення. Яким чином у роботі визначається коефіцієнт лінійного розширення міді?
- Пружні теплові коливання в кристалах. Частоти таких коливань. Фонони.

Робота №16. Визначення зміни ентропії при нагріванні та плавленні олова.

- Фази речовини. Фазова діаграма.
- Потрійна та критична точки.
- Фазова рівновага. Рівняння Клапейрона-Клаузіуса.
- Що таке фазовий перехід першого роду?
- Що таке питома теплоємність тіла та питома теплота плавлення?
- Що таке ентропія? У чому полягає статистична інтерпретація ентропії, яку дав Больцман?
- Які процеси називаються рівноважними, а які нерівноважними?

Робота №17. Отримання високого вакууму (Демонстраційна робота).

- Що таке вакуум? Де його застосовують? Який критерій оцінки вакууму?
- Фізичні явища в розріджених газах. Теплопередача, дифузія та тертя при досить малих

тисках.

-Кінематичні характеристики молекулярного руху. Поперечний розріз. Середня довжина вільного пробігу.

-Який зв'язок між характером світіння та тиском?

-Будова і принцип дії дифузійного насосу.

-Будова та принцип дії вакуумних манометрів.

7.3 Шкала відповідності оцінок

Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно / Fail	0-59
Зараховано / Passed	60-100
Не зараховано / Fail	0-59

8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лабораторних занять.

№ заняття	Порядковий номер лабораторної роботи	Кількість годин	
		Лабораторні роботи	Самостійна робота
1.	Вступне заняття. Проведення інструктажу з техніки безпеки (про це робиться відповідний запис у лабораторному журналі). Правила внутрішнього розпорядку, встановленого в лабораторії «Практикум з молекулярної фізики». Ознайомлення з розміщенням лабораторних робіт та робочих місць. Вимоги до виконання розкладу; виконання, оформлення та захисту лабораторних робіт.	4	
2.	Лабораторна робота №1.	3	3
3.	Лабораторна робота №2	3	3
4.	Лабораторна робота №3.	3	3
5.	Захист робіт, що виконані.	3	4
6.	Лабораторна робота №4.	3	3
7.	Лабораторна робота №5.	3	3
8.	Лабораторна робота №6.	3	3
9.	Захист робіт, що виконані.	3	4
10.	Лабораторна робота №7.	3	3
11.	Лабораторна робота №8.	3	3
12.	Лабораторна робота №9.	3	3
13.	Лабораторна робота №10.	3	3

14.	Захист робіт, що виконані.	4	4
	ВСЬОГО	44	45

Загальний обсяг 90 год.³, в тому числі (вибрати необхідне):

Лабораторні заняття - 44 год.

Консультації - 1 год.

Самостійна робота - 45 год.

9. Рекомендовані джерела⁴:

Основна

1. Методична розробка «Фізичний практикум». Ч.ІІ. Молекулярна фізика. Київ. КДУ. 1982

2. Доповнена методичка в електронному вигляді
exp.phys.univ.kiev.ua/ua/study/Lab/mol.pdf

3. Булавін Л.А., Гаврюшенко Д.А., Сисоєв В.М., Молекулярна фізика, Київ, “Знання”, 2006 рік, 540 стор.

4. Ю.І. Шиманський, О.Т. Шиманська, “Молекулярна фізика”, Видавничий дім “Києво-Могилянська академія”, Київ, 2007, 462 стор.

5. Погорелов В.Є. «Молекулярна фізика», Електронний конспект лекцій на сайті кафедри експериментальної фізики **<http://exp.phys.univ.kiev.ua/ua/Study/Lib/index.html>**

Додаткова

6. Савельєв Д.В., Курс общей физики (том II: Термодинамика и молекулярная физика). М.; Наука, 1990

7. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т.ІІ. Термодинамика и молекулярная физика.- М.: Наука, 1990

8. Иродов И.Е. Физика макросистем. Основные законы, Бинум, 2006, 207 стр.