

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки
Кафедра загальної фізики та методики викладання фізики



Затверджено

Проректор з навчальної роботи,
проф. Гаврилюк С. В.

С. В. Гаврилюк
16. 10. 2013р.

Загальна фізика (молекулярна)

Робоча програма
нормативної навчальної дисципліни
підготовки бакалавра
напряму 6.040203 - "Фізика"

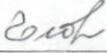
Луцьк – 2013

Робоча програма навчальної дисципліни «Загальна фізика (молекулярна)» для студентів напрямку підготовки 6.040203 «Фізика». 9 вересня 2013 року. - 14 с.

Розробник: Головіна Ніна Анатоліївна, кандидат фізико-математичних наук, доцент, завідувач кафедри загальної фізики та методики викладання фізики 

Рецензент: Шигорін Павло Павлович, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри теоретичної та математичної фізики СНУ імені Лесі Українки 

Робоча програма навчальної дисципліни затверджена на засіданні кафедри загальної фізики та методики викладання фізики протокол № 1 від 11 вересня 2013 р.

Завідувач кафедри:  (Головіна Н.А.)

Робоча програма навчальної дисципліни схвалена науково-методичною комісією фізичного факультету протокол № 1 від 16.09. 2013 р.

Голова науково-методичної комісії фізичного факультету  (Муляр В.П.)

Робоча програма навчальної дисципліни схвалена науково-методичною радою університету протокол № 2 від 16.10. 2013 р.

© Головіна Н.А., 2013 р.

Опис навчальної дисципліни

Характеристика навчальної дисципліни подається згідно з навчальним планом напряму підготовки 6.040203 «Фізика» і представляється у вигляді таблиці 1.

Таблиця 1

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни
		денна форма навчання
Кількість кредитів 8	0402 – фізико-математичні науки 6.040203 - Фізика	нормативна
Модулів 5	Фізика	Рік підготовки перший
Змістових модулів 4		Семестр другий
ІНДЗ: є		Лекції 68 год.
Загальна кількість годин 288		Практичні 34 год.
Тижневих годин (для денної форми навчання):	бакалавр	Лабораторні 34 год.
Аудиторних 8		Самостійна робота 76 год.
самостійної роботи 4,5		Індивідуальна робота 76 год.
індивідуальної роботи 4,5		Форма контролю: екзамен

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

2.1. Метою викладання навчальної дисципліни “Загальна фізика (молекулярна)” є вивчення всіх основних, найбільш загальних форм руху матерії, законів збереження енергії, поведінки речовин у полі, явищ природи у атмосфері, гідросфері; фізичні основи у створенні екологічно чистої енергетики, транспортних засобів тощо.

Основними завданнями вивчення дисципліни “Загальна фізика (молекулярна)” є

- * сформуванню в студентів наукове мислення, міцні знання основних фундаментальних фізичних законів;
- * дати уявлення про різні фізичні моделі навколишнього світу, межі застосування різних фізичних теорій, використання законів фізики для пояснення природних процесів;
- * озброїти студентів послідовною системою фізичних знань, яка необхідна їм для природничо-наукової освіти, успішного засвоєння спеціальних курсів і може бути використана в їх практичній діяльності.

2.3. Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні:

знати :

- поняття термодинамічної системи,
- закони ідеальних газів,
- основи молекулярно-кінетичної теорії речовин,
- основні положення статистичної фізики,
- перший, другий і третій принципи термодинаміки,
- термодинамічні потенціали,
- процеси переносу,
- реальні гази,
- основи фізики поверхневих явищ,
- фази і фазові перетворення,
- основи фізики розчинів,
- явище теплового розширення,
- елементи симетрії і будова кристалів.

вміти :

- обчислювати характеристики термодинамічної системи в стані термодинамічної рівноваги за допомогою феноменологічного рівняння стану ідеального газу та методами молекулярно-кінетичної теорії (статфізики) з використанням функцій розподілу Максвелла;
- використовуючи перший та другий принципи термодинаміки обчислювати характеристики термодинамічних систем та їхній приріст, роботу та кількість поглинутого тепла і т. ін. в рівноважних та циклічних процесах,
- обчислювати коефіцієнт корисної дії теплових машин,
- виводити та розв'язувати феноменологічно та з позицій молекулярно-кінетичної теорії рівняння: стаціонарних явищ переносу, обчислювати характеристики процесів дифузії, теплопровідності, в'язкості, рівняння нестационарних явищ переносу,
- описувати особливості молекулярно-кінетичних моделей та рівнянь стану рівноваги і всіх типів процесів в реальних середовищах: в реальному газі, в рідині, в твердому тілі,
- описувати особливості фазових переходів I і II роду (рівняння Клайперона-Клаузіуса, метастабільні стани, крива інверсії).

2. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Молекулярна теорія. Властивості ідеальних газів

Тема 1. Вступ. Предмет і методи молекулярної фізики. Границі використання моделі матеріальної точки і абсолютно твердого тіла. Молекулярно-кінетичні уявлення про речовину. Маса атомів та молекул. Кількість речовини. Параметри стану. Агрегатні стани речовини. Основні ознаки агрегатних станів. Динамічний, статистичний та термодинамічний методи опису речовини.

Тема 2. Температура. Термометричне тіло та термометрична величина. Термометричні шкали. Ідеально-газова температурна шкала. Методи вимірювання температури. Термометри. Міжнародна шкала температур.

Тема 3. Ідеальний газ. Основне рівняння МКТ. Термодинамічна температура. Рівняння стану ідеального стану. Закони Дальтона і Авогадро. Ізопроеци.

Тема 4. Основні поняття теорії ймовірності. Випадкові події. Ймовірність. Густина ймовірності. Теорема додавання і множення ймовірностей. Нормування ймовірностей. Дисперсія, середньоквадратичне відхилення та флуктуації. Постулат рівноймовірності рівноважної системи. Середнє значення фізичної величини. Функція розподілу.

Розподіл Максвелла молекул за швидкостями. Розподіл Максвелла за абсолютними значеннями швидкостей та за значеннями кінетичної енергії. Характерні швидкості молекул газу. Експериментальна перевірка розподілу Максвелла. Розподіл Максвелла-Больцмана. Фазовий простір. Розподіл Гіббса. Броунівський рух.

Розподіл Больцмана. Барометричні формули. Дослід Перрена.

Змістовий модуль 2. Явища переносу. Реальні гази

Тема 1. Середня довжина вільного пробігу та ефективний діаметр молекул. Дифузія у газах. Закон Фіка. Коефіцієнт дифузії. Взаємодифузія. В'язкість і теплопровідність газів. Співвідношення між коефіцієнтами переносу. Нестационарні процеси переносу.

Тема 2. Розріджений газ. Вакуум. Ефузія розрідженого газу. Методи одержання вакууму.

Тема 3. Сили зв'язку у молекулах та сили міжмолекулярної взаємодії. Рівняння Ван-дер-Ваальса. Ізотерми Ван-дер-Ваальса. Критичний стан. Ізотерми реального газу.

Тема 4. Внутрішня енергія і теплоємність реального газу. Ефект Джоуля-Томпсона.

Змістовий модуль 3. Перший, другий та третій принципи термодинаміки. Ентропія

Тема 1. Внутрішня енергія. Кількість теплоти. Робота у термодинаміці. Перший принцип термодинаміки. Закон рівномірного розподілу енергії за ступенями вільності і теплоємність газів. Розбіжність теорії теплоємності ідеального газу із експериментом. Якісне пояснення залежності теплоємності молекулярного водню від температури.

Тема 2. Адіабатний та політропний процеси. Швидкість звуку у газах.

Тема 3. Оборотні та необоротні процеси. Цикл Карно. Теореми Карно. Теплові машини. Принцип дії теплових двигунів, теплових насосів та холодильних машин.

Тема 4. Другий принцип термодинаміки. Нерівність Клаузіуса. Ентропія, її фізичний зміст. Закон зростання ентропії. Зміна ентропії в процесах теплопередачі та змішування газів. Ентропія та ймовірність. Статистичний характер другого принципу термодинаміки.

Тема 5. Теорема Нернста. Третій принцип термодинаміки.

Тема 6. Метод термодинамічних потенціалів. Внутрішня енергія. Вільна енергія. Ентальпія. Термодинамічний потенціал Гіббса. Хімічний потенціал.

Змістовий модуль 4. Рідини та тверді тіла

Тема 1. Фази. Фазові переходи I і II роду. Рівняння Клапейрона-Клаузіуса. Рівняння Еренфеста. Залежність тиску насиченої пари від температури. Зрідження газів та низькі температури

Тема 2. Потрійна точка. Діаграми стану. Правило фаз. Гомогенні та гетерогенні системи. Випаровування, конденсація, кипіння, плавлення, кристалізація.

Тема 3. Властивості рідин. Поверхневий шар рідини. Поверхневий натяг. Крайовий кут. Рівняння Лапласа. Капілярні явища. Дифузія, теплопровідність та в'язкість у рідинах.

Тема 4. Розчини. Закон Рауля. Осмотичний тиск.

Тема 5. Тверді тіла. Кристали та їх симетрія. Операція трансляції. Елементарна комірка. Анізотропія твердих тіл. Енергія зв'язку кристалів.

Тема 6. Типи зв'язку в кристалах. Іонний, ковалентний зв'язок. Молекулярні кристали. Металевий, водневий зв'язок.

Тема 7. Теплоємність кристалічних твердих тіл. Закон Дюлонга і Пті. Поняття про квантову теорію теплоємності твердих тіл. Закон Дебая.

Тема 8. Процеси переносу у твердих тілах. Механічні властивості твердих тіл. Деформації. Коефіцієнт Пуассона. Молекулярний механізм міцності. Термічне розширення твердих тіл.

Тема 9. Аморфні тверді тіла. Полімери, рідкі кристали.

Структура навчальної дисципліни

Структура навчальної дисципліни представляється у вигляді таблиці 2.

Таблиця 2.

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин						
	Усього	у тому числі					
		Лек.	Практ. (Семін.)	Лаб.	Інд.	Сам. роб.	Контр. роб.
1	2	3	4	5	6	7	8
Змістовий модуль 1. Молекулярна теорія. Властивості ідеальних газів							
Тема 1. Кількість речовини. Параметри стану. Динамічний, статистичний та термодинамічний методи опису речовини.	7	3			2	2	
Тема 2. Температура. Методи вимірювання температури. Термометри.	14	2		4	4	4	
Тема 3. Ідеальний газ. Основне рівняння МКТ. Рівняння стану ідеального стану. Закони Дальтона і Авогадро. Ізопроцеси.	19	3	4	2	4	4	2
Тема 4. Основні поняття теорії ймовірності. Розподіл Гіббса. Броунівський рух. Розподіл Максвелла молекул за швидкостями. Характерні швидкості молекул газу. Розподіл Больцмана. Барометричні формули. Дослід Перрена.	28	6	6	2	6	6	2
Разом за змістовим модулем 1	68	14	10	8	16	16	4
Змістовий модуль 2. Явища переносу. Реальні гази							
Тема 1. Процеси переносу в газах	17	5	4	2	2	2	2
Тема 2. Розріджені гази. Вакуум.	12	2		2	4	4	
Тема 3. Реальні гази. Рівняння Ван-дер-Ваальса. Ізотерми Ван-дер-Ваальса. Критичний стан.	16	4	4	4	2	2	
Тема 4. Внутрішня енергія реального газу. Ефект Джоуля-Томсона	11	3			4	4	
Разом за змістовим модулем 2	56	14	8	8	12	12	2
Змістовий модуль 3. Перший, другий та третій принципи термодинаміки. Ентропія							
Тема 1. Перший принцип термодинаміки.	12	4	2	2	2	2	
Тема 2. Адіабатний та політропний процеси	14	2	2	2	4	4	
Тема 3. Цикл Карно	12	2	2		4	4	
Тема 4. Другий принцип термодинаміки	15	3	2	2	4	4	
Тема 5 Ентропія, її фізичний зміст.	16	4	2		4	4	2
Тема 6. Третій принцип термодинаміки	6	2			2	2	
Тема 7. Метод термодинамічних потенціалів	7	3			2	2	
Разом за змістовим модулем 3	82	20	10	6	22	22	2
Змістовий модуль 4. Рідини та тверді тіла							
Тема 1. Фазові переходи 1 і 2 роду	16	2	2	6	2	4	

Тема 2. Діаграми стану	6	2			2	2	
Тема 3. Рідини	20	4	2	4	4	4	2
Тема 4. Розчини	4				2	2	
Тема 5. Тверді тіла	8	4			2	2	
Тема 6. Типи зв'язку в кристалах	10	2	2		4	2	
Тема 7. Теплоємність твердих тіл	14	2		2	4	6	
Тема 8. Механічні властивості твердих тіл	8	2			4	2	
Тема 9. Поліморфізм. Рідкі кристали	6	2			2	2	
Разом за змістовим модулем 4	92	20	6	12	26	26	2
Усього годин	298	68	34	34	76	76	10

3. Теми практичних занять

№ з/п	Тема	Кількість годин
1	Ідеальний газ. Газові закони. Рівняння стану ідеального газу.	2 год
2	Основне рівняння МКТ	2 год
3	Розподіл Максвелла, швидкості молекул газу	4 год
4	Розподіл Больцмана. Барометричні формули	2 год
5	Середній шлях вільного пробігу молекул	2 год
6	Процеси переносу у газах	2 год
7	Реальні гази. Ізотерми Ван-дер-Ваальса. Критичний стан	4 год
8	Внутрішня енергія, кількість теплоти, робота газу, перший принцип термодинаміки	2 год
9	Адіабатний та політропний процеси	2 год
10	Цикл Карно, теореми Карно, теплові машини	2 год
11	Другий принцип термодинаміки	2 год
12	Ентропія	2 год
13	Фазові переходи та фазові рівноваги	2 год
14	Рідини. Тиск Лапласа. Поверхневий натяг	2 год
15	Тверді тіла. Типи зв'язку у кристалах. Енергія зв'язку.	2 год
	Разом	34 год

4. Теми лабораторних занять

Лабораторний практикум складається з двох турів лабораторних робіт з обов'язковим заняттям з техніки безпеки.

№ з/п	Тема	Кількість годин
1	Вимірювання температури та перевірка термометрів.	2 год
2	Визначення маси молекули ефіру	2 год
3	Визначення універсальної газової сталої методом відкачування	2 год
4	Визначення молярної маси й густини газу методом відкачування	2 год
5	Визначення середнього термічного коефіцієнта тиску газів та вимірювання температури газовим термометром	2 год
6	Визначення коефіцієнта взаємної дифузії повітря та водяної пари	2 год
7	Визначення середньої довжини вільного пробігу молекул повітря та їх ефективного діаметра	2 год
8	Визначення коефіцієнта в'язкості повітря капілярним методом	2 год
9	Визначення коефіцієнта теплопровідності повітря методом нагрітої нитки	2 год
10	Визначення залежності температури кипіння води від зовнішнього тиску	2 год
11	Визначення абсолютної та відносної вологості повітря	2 год

12	Визначення відношення теплоємностей газу методом Клемана й Дезорма	2 год
13	Визначення відношення теплоємностей повітря за сталих тиску та об'єму	2 год
14	Визначення відношення теплоємностей повітря за сталих тиску та об'єму резонансним методом	2 год
15	Визначення водяного еквівалента калориметра й термометра	2 год
16	Визначення кількості теплоти, яка втрачається калориметром в навколишнє середовище	2 год
17	Визначення питомої теплоти пароутворення води	2 год
18	Визначення теплоти пароутворення води	2 год
19	Визначення питомої теплоємності рідин електричним калориметром	2 год
20	Визначення коефіцієнта в'язкості рідини методом Стокса	2 год
21	Визначення коефіцієнта лінійного розширення твердих тіл й об'ємного розширення рідин	2 год
22	Визначення поверхневого натягу рідини методом Ребіндера	2 год
23	Визначення поверхневого натягу рідин методом відриву крапель	2 год
24	Визначення коефіцієнта поверхневого натягу методом підняття рідини в капілярах	2 год
25	Визначення теплоємностей твердих тіл	2 год
26	Визначення теплопровідності твердих тіл	2 год
27	Визначення зміни ентропії в процесі нагрівання та плавлення олова	2 год
28	Техніка одержання та вимірювання вакууму	2 год
29	Моделювання необоротності теплових процесів (розширення газу в пустоту, дифузія та теплопровідність	2 год
	Разом	34 год

5. Самостійна робота

Самостійна робота студента складається з кількох частин.

1. Опрацювання теоретичних основ лекційного матеріалу.
2. Вивчення питань та тем, які не розглядаються в курсі лекцій.
3. Підготовка до лабораторних занять.
4. Систематизація вивченого матеріалу перед іспитом.

№ з/п	Тема	Кількість годин
1	Кількість речовини. Параметри стану. Динамічний, статистичний та термодинамічний методи опису речовини.	2
2	Температура. Методи вимірювання температури. Термометри*.	4
3	Ідеальний газ. Основне рівняння МКТ. Рівняння стану ідеального стану. Закони Дальтона і Авогадро. Ізопроеци.	4
4	Основні поняття теорії ймовірності. Розподіл Гіббса. Броунівський рух. Розподіл Максвелла молекул за швидкостями. Характерні швидкості молекул газу.	6

	Розподіл Больцмана. Барометричні формули. Дослід Перрена*.	
	Разом за змістовим модулем 1	16
5	Процеси переносу в газах	2
6	Розріджені гази. Вакуум.	4
7	Реальні гази. Рівняння Ван-дер-Ваальса. Ізотерми Ван-дер-Ваальса. Критичний стан.	2
8	Внутрішня енергія реального газу. Ефект Джоуля-Томсона	4
	Разом за змістовим модулем 2	12
9	Перший принцип термодинаміки.	2
10	Адіабатний та політропний процеси	4
11	Цикл Карно	4
12	Другий принцип термодинаміки	4
13	Ентропія, її фізичний зміст.	4
14	Третій принцип термодинаміки	2
15	Метод термодинамічних потенціалів	2
	Разом за змістовим модулем 3	22
16	Фазові переходи 1 і 2 роду	4
17	Діаграми стану	2
18	Рідини. Процеси переносу в рідинах *	4
19	Розчини *	2
20	Тверді тіла	2
21	Типи зв'язку в кристалах	2
22	Теплоємність твердих тіл	6
23	Механічні властивості твердих тіл*. Процеси переносу в твердих тілах*	2
24	Поліморфізм. Рідкі кристали	2
	Разом за змістовим модулем 4	26
	Разом	76

* - теми, які виділяються на самостійне опрацювання в повному об'ємі.

6. Індивідуальні завдання

Індивідуальна діяльність студентів передбачає виконання індивідуального науково-дослідного завдання: розв'язування комплексу задач з кожного змістового модуля курсу, що вивчається.

7. Методи навчання:

- лекція;
- практичне заняття;
- лабораторне заняття;
- консультації (індивідуальні, групові);
- метод моделювання;
- експериментальний метод;
- демонстраційний експеримент.

8. Форма підсумкового контролю успішності навчання: екзамен

9. Методи та засоби діагностики успішності навчання

При викладанні даної дисципліни застосовуються такі *методи діагностики*:

- *щоденне спостереження*;
- *усне опитування (індивідуальне і фронтальне, усні заліки, екзамени тощо)*;
- *письмовий контроль*;
- *графічна перевірка*;
- *практична перевірка*;
- *тестовий контроль*.

Залежно від специфіки організації контролю за навчальною діяльністю використовуються такі **форми діагностики**:

- фронтальна,
- групова,
- індивідуальна,
- комбінована,
- самоконтроль,
- взаємоконтроль.

Засоби діагностики:

- контрольні запитання;
- тести;
- задачі;
- індивідуальні науково-дослідні завдання (ІНДЗ);
- колоквіум;
- лабораторні роботи;
- модульні контрольні роботи (МКР);
- комплексні контрольні роботи (ККР);
- екзаменаційні білети.

Діагностика залишкових базових знань з дисципліни проводиться з використанням комплектів контрольних робіт (ККР), підготовлених викладачем та затверджених методичною комісією за напрямом підготовки 6.040203 «Фізика».

10. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточний контроль				Модульний контроль		Загальна кількість балів
Модуль 1	Модуль 2	Модуль 3	Модуль 4	Модуль 5		
Змістовий модуль 1 Змістовий модуль 2	Змістовий модуль 3 Змістовий модуль 4	ЛР	ІНДЗ	МКР 1	МКР 2	100
ПР	ПР	10	10	30	30	
10	10					

Перший модуль оцінюється за результатами роботи студентів на практичних заняттях як середнє арифметичне отриманих оцінок та контрольних робіт за першими двома змістовими модулями.

Другий модуль оцінюється за результатами роботи студентів на практичних заняттях як середнє арифметичне отриманих оцінок та контрольних робіт за другими двома змістовими модулями.

Третій модуль оцінюється за результатами роботи студентів на лабораторних заняттях як середнє арифметичне отриманих оцінок. Умовою є обов'язкове виконання всіх без виключення запланованих лабораторних робіт, їх оформлення та зарахування викладачем, який веде лабораторний практикум.

Четвертий модуль оцінюється за результатами виконання ІНДЗ.

П'ятий модуль – це модульний контроль. Він складається з двох частин. МКР 1 – це колоквіум, який студенти здають в усній формі. Він включає матеріал першого модуля, тобто змістових модулів 1 та 2.

МКР 2 – включає матеріал другого модуля, тобто змістових модулів 3 та 4. Цей контроль відбуваються у формі тестування.

Шкала оцінювання (національна та ECTS)

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену,	для заліку
90 – 100	A	Відмінно	Зараховано
82 – 89	B	Добре	
75 - 81	C		
67 -74	D	Задовільно	
60 - 66	E		
1 – 59	Fx	Незадовільно	Незараховано (з можливістю повторного складання)

11. Методичне забезпечення

Перелік методичних видань для забезпечення вивчення навчальної дисципліни.

1. Лабораторний практикум із молекулярної фізики й термодинаміки. Л.Р. Калапуша, Г.П. Кобель, Н.А. Головіна, В.П. Доскоч. Методичний посібник. Луцьк, 2010. -231с.
2. Лабораторний практикум із молекулярної фізики й термодинаміки. Н.А. Головіна, Г.П. Кобель, Л.Р. Калапуша, В.П. Доскоч. Методичний посібник. Луцьк, 2013. -248с.

12. Список джерел

1. Матвеев А.Н. Молекулярная физика /А. Матвеев. – М.: Высшая школа, 1981. – 400с.
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т.2 /Д. Сивухин. – М.: Высшая школа, 1990. – 591с.
3. Дутчак Я.Й. Молекулярна фізика /Я. Дутчак. – Л.:Вид. ЛДУ, 1973. – 264с.
4. Кикоин И.К., Кикоин А.К. Молекулярная физика /И. Кикоин, А. Кикоин. – М.: Высшая школа, 1976. – 500с.
5. Савельев И.В. Курс общей физики. Т.1/И. Савельев. – М.: Высшая школа, 1982. – 432с.
6. Сборник задач по общему курсу физики: Термодинамика и молекулярная физика / под ред. Д.В. Сивухина. – М.: Высшая школа, 1976. – 200с.
7. Иродов И.Е. Задачи по общей физике / И.Иродов. – М.: Высшая школа, 1979. –368с.
8. Волькенштейн В.С. Сборник задач по общему курсу физики/В. Волькенштейн. – М.: Высшая школа, 1978. – 463с.
9. Сборник задач по курсу общей физики / под ред.М.С. Цедрика. – М.: Высшая школа, 1989. – 271 с.
10. Бушок Г.Ф. Курс фізики: Навч. посібник у 2 кн. / Г.Ф. Бушок, В.В. Левандовський, Г.Ф. Півень. – К.: Либідь, 1997. – 271 с.
11. Клим М.М., Якібчук П.М. Молекулярна фізика. навч. посібник. /М.М. Клим, П.М. Якібчук. – Львів, ЛНУ імені Івана Франка, 2003. – 544 с.
12. Лабораторний практикум із молекулярної фізики й термодинаміки [методичний посібник] / Л.Р. Калапуша, Г.П. Кобель, Н.А. Головіна, В.П. Доскоч. – Луцьк.: РВВ ВНУ, 2010. –231с.
13. Лабораторний практикум із молекулярної фізики й термодинаміки. [методичний посібник] / Н.А. Головіна, Г.П. Кобель, В.П. Доскоч, Л.Р. Калапуша. – Луцьк.: Вежа-Друк, 2013. –248с.