

**ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ імені Івана Пулюя**

Кафедра фізики

**Самостійна робота студентів над
курсом фізики**

Методичні рекомендації

Тернопіль – 2011

САМОСТІЙНА РОБОТА СТУДЕНТІВ НАД КУРСОМ ФІЗИКИ:
МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ / ПУНДИК А.В., УКЛАДАЧ. –
ТЕРНОПІЛЬ: ТНТУ, 2011. – 23 С.

Посібник містить інформацію про структуру курсу фізики, що читається за навчальними планами підготовки бакалаврів, а також методичні рекомендації по організації аудиторних занять (лекційних, практичних, лабораторних) та самостійної роботи студентів в позааудиторний час над виконанням навчальної програми

Рецензент – *доцент Юрій Скоренький*

Рекомендовано до друку кафедрою фізики ТНТУ, протокол № 4 від 9 листопада 2010 р.

Схвалено методичною комісією факультету комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, протокол № 4 від 23 листопада 2010 р.

ЗМІСТ

1. Мета та задачі курсу фізики.....	3
2. Структура курсу.....	3
3. Лекційні заняття.....	5
4. Лабораторні заняття.....	10
5. Практичні заняття.....	13
6. Семестровий контроль знань та навичок студентів.....	17

1. Мета та задачі курсу фізики

- Вивчення основних фізичних явищ; оволодіння фундаментальними поняттями, законами і теоріями класичної і сучасної фізики, а також методами фізичних досліджень.
- Формування наукового світогляду та сучасного фізичного мислення.
- Оволодіння засобами та методами розв'язування конкретних задач з різних областей фізики.
- Ознайомлення з сучасною науковою апаратурою, формування навиків проведення фізичного експерименту, уміння виділити конкретний фізичний зміст в прикладних задачах майбутньої спеціальності.

2. Структура курсу

Структура курсу фізики передбачає три види аудиторних занять за розкладом – лекційні заняття для викладу теоретичного матеріалу, практичні заняття по розв'язуванню задач, лабораторні заняття для виконання експерименту, – а також самостійну роботу студента в позааудиторний час. В структурі курсу передбачені також консультації викладачів протягом семестру за графіком. Нижче подана схема розподілу програмного матеріалу за розділами курсу (так-званими модулями) та орієнтовний розподіл навчального навантаження в годинах.

2.1. Погодинний розподіл тем (приклад напрямку підготовки „комп'ютерні науки”)

Умовні позначення: **M1, M2...** – модуль 1, модуль 2...^(*)

PЗ – розв'язування задач

ЛР – лабораторна робота

СР – самостійна робота

Семестр 1 (16 тижнів):

[Лекцій – 32 год., PЗ – 16 год., ЛР – 12 год., Тестування – 4 год., СР – 70 год.; кількість кредитів – 4]^(**)

M1 – Фізичні основи механіки

Змістовні модулі		Кількість годин				
		Лекції	PЗ	ЛР	Тестування	СР
ЗМ1	Кінематика та динаміка матеріальної точки	6	4	2	–	10
ЗМ2	Робота та енергія. Сили в механіці	4	2	2	–	7
ЗМ3	Обертвий рух твердого тіла	4	2	2	–	7
ЗМ4	Рух в НСВ. Елементи СТВ	2	–	–	2	7
Всього (год.):		16	8	6	2	31

^(*) Модуль – частина навчальної дисципліни, яка складається з кількох споріднених змістовних модулів (споріднених навчальних тем)

^(**) Кредит – одиниця обліку навчального навантаження, рівна 54 академічним годинам

М2 – Механічні коливання і хвилі. Молекулярна фізика і термодинаміка

Змістовні модулі		Кількість годин				
		Лекції	РЗ	ЛР	Тестування	СР
ЗМ1	Механічні коливання та хвилі	6	2	2	–	10
ЗМ2	МКТ ідеального газу	4	2	2	–	7
ЗМ3	Закони термодинаміки	4	2	–	–	7
ЗМ4	Конденсований стан речовини	2	2	2	2	7
Всього (год.):		16	8	6	2	31+8

Орієнтовні терміни тестування – 8-10 тиждень та 15-16 тиждень семестру.

Підсумкова форма контролю – екзамен.

Семестр 2 (18 тижнів):

[Лекцій – 18 год., РЗ – 18 год., ЛР – 14 год., Тестування – 4 год., СР – 58 год.; кількість кредитів – 3]

М3 – Електростатика. Постійний струм

Змістовні модулі		Кількість годин				
		Лекції	РЗ	ЛР	Тестування	СР
ЗМ1	Електричне поле у вакуумі та в речовині	4	4	2	–	8
ЗМ2	Закони постійного струму	2	2	4	–	8
ЗМ3	Магнітне поле струму. Намагнічення речовини	3	4	2	2	10
Всього (год.):		9	10	8	2	26

М4 – Електромагнетизм

Змістовні модулі		Кількість годин				
		Лекції	РЗ	ЛР	Тестування	СР
ЗМ1	Явище електромагнетної індукції	3	2	2	–	8
ЗМ2	Рівняння Максвелла	2	2	2	–	8
ЗМ3	Електромагнетні коливання і хвилі. Закони змінного струму	4	4	2	2	10
Всього (год.):		9	8	6	2	26+6

Орієнтовні терміни тестування – 9-11 тиждень та 17-18 тиждень семестру.

Підсумкова форма контролю – залік.

Семестр 3 (16 тижнів):

[Лекцій – 32 год., РЗ – 16 год., ЛР – 24 год., Тестування – 8 год., СР – 70 год.; кількість кредитів – 4]

М5 – Оптика

Змістовні модулі		Кількість годин				
		Лекції	РЗ	ЛР	Тестування	СР
ЗМ1	Елементи геометричної оптики та фотометрії	2	2	4	–	7
ЗМ2	Хвильова оптика	8	4	6	–	12
ЗМ3	Квантова оптика	4	2	4	4	10
Всього (год.):		14	8	14	4	29

М6 – Фізика атома та атомного ядра

Змістовні модулі		Кількість годин				
		Лекції	РЗ	ЛР	Тестування	СР
ЗМ1	Елементи квантової механіки атомів та молекул	8	4	4	–	12
ЗМ2	Елементи квантової фізики твердих тіл	4	2	4	–	7
ЗМ3	Елементи фізики атомного ядра	4	2	2	–	7
ЗМ4	Сучасна фізична картина світу	2	–	–	4	7
Всього (год.):		18	8	10	4	33+8

Орієнтовні терміни тестування – 8-10 тиждень та 15-16 тиждень семестру.

Підсумкова форма контролю – екзамен.

2.2. Рекомендована навчальна література

1. А.А.Детлаф, Б.М.Яворский. Курс фізики.- М.: ВШ, 1988.
2. Б.М.Яворський. Курс фізики. Ч.1, 2, 3.- К.: ВШ, 1972; Б.М.Яворський. Довідник з фізики. – Тернопіль: Навчальна книга – Богдан, 2007.
3. І.М.Кучерук, І.Т.Горбачук. Загальний курс фізики. Т.1, 2, 3.- К.: Техніка, 2006.
4. Д.Джанколи. Фізика. Т.1, 2.- М.: Мир, 1989.
5. Курс фізики / За ред. І.Є.Лопатинського.- Львів: Бескід-Біт, 2002.
6. Г.Ф.Бушок, Є.Ф.Венгер. Курс фізики. Кн. 1, 2.– Київ: Либідь, 2001.
7. Л.Д.Дідух. Основи механіки. – Тернопіль: Підручники і посібники, 2010.
8. Загальний курс фізики. Збірник задач / За ред. І.П.Гаркуші.- К.: Техніка, 2004.
9. А.Г.Чертов, А.А.Воробьев. Задачник по фізиці.- М.: ВШ, 1981.
10. В.С.Волькенштейн. Сборник задач по общему курсу фізики.- М.: Наука, 1969.
11. Загальна фізика: Лабораторний практикум / За ред. І.Т.Горбачука.- К.: ВШ, 1992.
12. Фізичний практикум. Ч.1, 2 / За ред. В.П.Душенка.- К.: ВШ, 1981.
13. Механіка та молекулярна фізика: Лабораторний практикум. – Тернопіль: ТДТУ, 2005.
14. Електрика і магнетизм: Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу фізики. – Тернопіль: ТДТУ, 2008.
15. Оптика і будова речовини: Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу фізики. – Тернопіль: ТДТУ, 2007.

В наведеному переліку основної навчальної літератури на позиціях 1-7 перераховані кращі теоретичні курси, позиції 8-10 позначають збірники задач, позиції 11, 12 позначають типові практикуми, а позиції 13-15 позначають методичні вказівки до виконання лабораторних робіт, поставлених кафедрою фізики ТНТУ. Вся ця література доступна студентам в бібліотеці університету. В бібліотеці студент може також знайти іншу корисну літературу, присвячену змісту курсу фізики.

3. Лекційні заняття**3.1. Програмні питання (контрольні питання для самоперевірки)**Частина 1: Механіка і молекулярна фізика

1. Поняття матеріальної точки. Кінематичні характеристики руху: траєкторія, шлях, переміщення, швидкість, прискорення.
2. Кінематичні рівняння для рівноприскореного руху.

3. Сила та маса. Закони динаміки (три закони Ньютона).
4. Кількість руху. Закон збереження кількості руху (імпульсу).
5. Закон всесвітнього тяжіння Ньютона. Прискорення вільного падіння.
6. Види деформацій. Закон Гука для пружних деформацій. Пружні модулі.
7. Сили тертя.
8. Робота сили. Потужність.
9. Кінетична енергія рухомого тіла. Зв'язок роботи з кінетичною енергією.
10. Потенціальна енергія тіла в полі дії сил. Зв'язок роботи з потенціальною енергією.
11. Закон збереження механічної енергії.
12. Зв'язок сили з потенціальною енергією. Консервативні та дисипативні сили.
13. Момент сили і момент інерції. Основний закон динаміки для обертового руху тіла відносно фіксованої осі.
14. Момент імпульсу. Закон збереження моменту імпульсу.
15. Робота та кінетична енергія при обертовому русі.
16. Гіроскопічний ефект та його прояви в техніці.
17. Рух в неінерціальних системах відліку. Сили інерції.
18. Постулати Ейнштейна. Поняття про спеціальну теорію відносності (СТВ). Релятивістський закон додавання швидкостей. Формула Ейнштейна для енергії.
19. Пружинний маятник. Гармонічні коливання. Зв'язок гармонічних коливань з рівномірним обертальним рухом. Амплітуда, період, частота, фаза.
20. Енергія гармонічних коливань.
21. Математичний та фізичний маятники. Формули для періоду.
22. Додавання коливань. Биття.
23. Згасання коливань. Логарифмічний декремент згасання.
24. Вимушені коливання. Явище резонансу.
25. Хвилі в пружному середовищі. Довжина хвилі. Швидкість поширення хвилі.
26. Принцип Гюйгенса. Дифракція хвиль.
27. Рівняння біжучої хвилі.
28. Енергія хвилі. Інтенсивність.
29. Інтерференція хвиль. Стоячі хвилі.
30. Звук і його сприйняття людиною.
31. Агрегатні стани речовини. Параметри стану. Дослідне рівняння стану ідеального газу (рівняння Менделєєва-Клапейрона).
32. Основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії (МКТ) ідеального газу. Фізичний зміст тиску і температури.
33. Внутрішня енергія. МКТ теплоємності ідеального газу.
34. Розподіл молекул за швидкостями (розподіл Максвелла).
35. Явища переносу в газах. Середня довжина вільного пробігу молекул.
36. Поняття термодинамічної системи. Кількість теплоти. Перший принцип термодинаміки.
37. Робота розширення газу в ізопроцесах. Адіабатний процес.
38. Колові процеси. Схема роботи теплової машини. Другий принцип термодинаміки.
39. Цикл Карно. К.к.д. машини Карно.
40. Відхилення від законів ідеального газу. Рівняння Ван-дер-Ваальса.
41. Дослідні ізотерми реального газу. Критична точка.
42. Внутрішня енергія реального газу. Ефект Джоуля-Томсона.
43. Реальні рідини. Плинність і в'язкість. Поверхневий натяг рідини.
44. Тверді тіла. Теплоємність кристалів. Діаграма напружень.
45. Поняття фази речовини. Фазова рівновага і фазові переходи. Рівняння Клапейрона-Клаузіуса. Найпростіша фазова діаграма.

Частина 2: Електрика і магнетизм

1. Електризація тіл. Поняття електричного заряду. Атомарність електричного заряду. Закон Кулона.
2. Електричне поле. Напруженість електричного поля. Силові лінії. Поле точкового заряду. Принцип суперпозиції для поля.
3. Теорема Гаусса для напруженості поля. Поле зарядженої площини.
4. Робота переміщення заряду в електричному полі. Потенціал поля.
5. Зв'язок напруженості з потенціалом поля. Еквіпотенціальні лінії. Поле диполя.
6. Механізми поляризації діелектриків в електричному полі. Вектор поляризації. Діелектрична проникність. Вектор індукції поля (вектор електричного зміщення).
7. Сегнетоелектрики. Поняття про області спонтанної поляризації (домени).
8. Провідники в електричному полі. Електроємність провідника. Електричні екрани.
9. Конденсатори. Ємність площинного конденсатора. Способи з'єднання конденсаторів в батареї.
10. Енергія зарядженого конденсатора. Об'ємна густина енергії електричного поля.
11. Умови існування та характеристики електричного струму. Вектор густини струму.
12. Класична теорія електропровідності металів. Закони Ома і Джоуля-Ленца в диференціальній формі. Залежність опору провідників від температури.
13. Перехід до інтегральної форми закону Ома. Правила Кірхгофа для розгалуженого кола.
14. Потужність електричного струму. К.к.д. джерела струму.
15. Провідність електролітів. Електроліз.
16. Струм у вакуумі. Термоелектронна емісія. Вольт-амперна характеристика (ВАХ) діодної лампи.
17. Струм у газах. ВАХ газового розряду.
18. Контактна різниця потенціалів. Термо-е.р.с.
19. Магнетна взаємодія струмів. Вектор індукції магнетного поля. Закон Ампера.
20. Сила Лоренца. Ефект Холла. Принцип роботи циклотрона.
21. Закон Біо-Савара. Магнетне поле лінійного та колового провідника зі струмом.
22. Теорема про циркуляцію вектора індукції магнетного поля (закон повного струму). Поле соленоїда.
23. Рамка зі струмом в магнетному полі. Магнетний момент. Принцип роботи електродвигуна постійного струму.
24. Намагнічування речовини. Гіпотеза про молекулярні струми. Вектор намагнічення. Магнетна проникність. Напруженість магнетного поля.
25. Класифікація магнетиків. Залежність намагнічення речовини від напруженості поля і температури.
26. Феромагнетики. Петля гістерезису. Магнетні домени.
27. Явище електромагнітної індукції. Досліди Фарадея. Правило Ленца.
28. Е.р.с.-індукції. Закон Фарадея-Максвелла.
29. Самоіндукція і взаємоіндукція. Індуктивність. Принцип роботи трансформатора.
30. Енергія магнетного поля провідника зі струмом. Об'ємна густина енергії магнетного поля.
31. Обертова рамка в магнетному полі. Принцип роботи генератора змінного струму.
32. Струми зміщення. Два основні положення теорії Максвелла.
33. Рівняння Максвелла в інтегральній формі.
34. Коливальний розряд конденсатора. Формула Томсона.
35. Згасання коливань в RLC-контурі. Добротність.

36. Вимушені коливання в RLC-контурі. Закон Ома для змінного струму. Резонанс напруг.
37. Потужність в колі змінного струму. Ефективне значення сили струму та напруги.
38. Умова квазістаціонарності для змінних струмів. УВЧ-струми.
39. Поширення електричної енергії вздовж двопровідної лінії. Поняття електромагнетної хвилі (ЕМХ).
40. Основні властивості ЕМХ. Вектор Пойнтінга.
41. Генерація ЕМХ. Досліди Герца. Дипольний випромінювач.
42. Поглинання енергії ЕМХ. Особливості поширення ЕМХ в атмосфері. Застосування ЕМХ для передачі інформації.
43. Шкала ЕМХ.

Частина 3: Оптика і будова речовини

1. Фізична природа світла. Показник заломлення. Закони геометричної оптики. Принцип Ферма.
2. Основні поняття фотометрії: світловий потік, сила світла джерела, освітленість. Закон освітленості для точкового джерела. Енергетичні і світлотехнічні одиниці вимірювання.
3. Когерентність і монохроматичність світлових хвиль. Поняття цуга. Способи спостереження інтерференції світла.
4. Інтерференція світла в тонких плівках. Оптична різниця ходу променів. Просвітлення оптики.
5. Принцип Гюйгенса-Френеля. Метод зон Френеля для розрахунку дифракції світла.
6. Дифракція плоских хвиль на щілині. Дифракційна межа роздільної здатності оптичних приладів.
7. Дифракція від багатьох щілин. Лінійна дифракційна ґратка як спектральний прилад.
8. Дифракція Х-променів на просторових ґратках. Умова Брегга.
9. Фізичні принципи голографії.
10. Природне світло. Типи поляризованого світла. Дипольний випромінювач. Поляризація світла при відбиванні від діелектрика.
11. Подвійне променезаломлення. Призма Ніколя. Закон Малюса.
12. Обертання площини поляризації. Закон Біо. Штучна оптична анізотропія.
13. Нормальна і аномальна дисперсія світла. Призматичний спектрограф.
14. Закон Бугера для поглинання світла. Зв'язок дисперсії з поглинанням.
15. Око як оптичний прилад. Сприйняття кольору людиною.
16. Теплові джерела світла. Закон Кірхгофа.
17. Розподіл енергії в спектрі випромінювання абсолютно чорного тіла (АЧТ). Формула Релея-Джінса.
18. Квантова гіпотеза. Формула Планка. Доведення законів Стефана-Больцмана і Віна.
19. Оптична пірометрія. Світлова віддача джерела.
20. Закони фотоефекту. Рівняння Ейнштейна.
21. Ефект Комптона і його тлумачення.
22. Фотони. Пояснення тиску світла. Корпускулярно-хвильова єдність світла.
23. Планетарна модель атома. Постулати Бора. Серіальність спектрів.
24. Проблема стабільності атома. Гіпотеза де-Бройля та її дослідне підтвердження.
25. Співвідношення невизначеностей для координати та імпульсу. Область справедливості класичної механіки.
26. Хвильова функція та її статистичний зміст. Рівняння Шредінгера.
27. Задача про електрон в прямокутній потенціальній ямі.

28. Атом водню в квантовій механіці. Квантові числа. Електронна хмара.
29. Досліди Штерна і Герлаха. Спін електрона.
30. Принцип Паулі і розподіл електронів в атомі по оболонках.
31. Оптичні спектри молекул. Вікно прозорості атмосфери.
32. Явище люмінесценції. Закон Стокса.
33. Класифікація оптичних переходів за Ейнштейном. Оптичні квантові генератори (лазери).
34. Типи кристалічних зв'язків і внутрішня структура твердих тіл.
35. Квантова теорія теплоємності кристалічної ґратки.
36. Електрони провідності в металах. Рівень Фермі. Виродження електронного газу.
37. Енергетичні зони в кристалах. Поділ твердих тіл на класи за заповненням енергетичних зон електронами.
38. Провідність напівпровідників. Термоопори і фотоопори.
39. Контактні явища в твердих тілах. p-n-перехід.
40. Будова і характеристики атомного ядра. Дефект маси і енергія зв'язку ядер.
41. Радіоактивність ядер. Закон розпаду. Період піврозпаду. Активність.
42. Закономірності α -, β -, γ -розпадів. Взаємодія радіоактивного випромінювання з речовиною. Методи реєстрації випромінювання.
43. Реакції поділу та злиття ядер. Принцип дії реактора. Екологічні проблеми ядерної енергетики.
44. Взаємоперетворюваність елементарних частинок. Фундаментальні сили природи.

3.2 Рекомендації щодо роботи над конспектом лекцій

Лекції з фізики покликані дати студентові огляд програмного матеріалу на певну тему. Зміст лекції відтворює думку викладача з обговорюваної тематики, його розуміння фізики явищ. Передбачається, що студент, в подальшому, опрацює текст лекції з підручником і, таким чином, формує повний конспект лекцій, який може використовуватися як довідник в практичній роботі (при розв'язуванні задач, виконанні лабораторного експерименту) та при підготовці до контрольного відтворення знань та навичок.

Серед програмних питань є такі, що стосуються суті фізичних явищ, як-от: *явище резонансу, явище електромагнетної індукції, подвійне променезаломлення, радіоактивний розпад ядер* тощо. Студенту необхідно відтворити послідовність фізичних міркувань, що роз'яснюють зміст явища чи процесу, відтворити об'єктивні зв'язки між характеристиками явища (тобто розкрити закономірності явища), ілюструвати його прояви при спостереженні та технічні застосування.

Друга частина програмних питань стосується суті фізичних законів, як-от: *закон збереження імпульсу, закон Ома для електричного струму, закон заломлення світла* тощо. Студенту необхідно знати словесне формулювання закону, математичну форму його запису, межі справедливості та спосіб (алгоритм) застосування до конкретних задач.

Третя група програмних питань стосується змісту фізичних величин, як-от: *теплоємність, сила електричного струму, показник заломлення світла, активність радіоактивної речовини* тощо. Студенту необхідно звернути увагу на тлумачення фізичного змісту величини, знати формулу, яка використовується для означення величини, та одиниці її вимірювання.

Накінець, четверта група програмних питань стосується принципу дії різних фізико-технічних пристроїв, як-от: *теплова машина, трансформатор напруги,*

лічильник Гейгера-Мюллера тощо. Студенту необхідно розкрити принцип дії пристрою за найпростішою функціональною схемою, яка подається в умовних позначеннях.

Окремі програмні питання стосуються змісту базових теорій (*теорія Бора для атома водню, спеціальна теорія відносності*) та базових понять (*фундаментальні сили природи, фазова діаграма*) чи базових принципів (*принцип Ферма, принцип Гюйгенса*). Такі питання доцільно опрацьовувати відповідно до інструкції лектора курсу.

4. Лабораторні заняття

4.1. Порядок роботи в навчальних лабораторіях

Лабораторна робота з фізики – це навчальний фізичний експеримент, що виконується за встановленою методикою. Виконання такої роботи передбачає певну послідовність дій студента: 1) ознайомлення з правилами техніки безпеки; 2) теоретична підготовка до виконання експерименту на задану тему; 3) виконання досліду з документальним записом його результатів; 4) обробка даних експерименту; 5) звіт за виконану лабораторну роботу перед викладачем.

4.2. Теми лабораторних робіт

Нижче перераховані теми лабораторних робіт з фізики, зміст яких викладено в літературі [13-15].

Лабораторія механіки і молекулярної фізики

- № 1 Визначення густини тіла правильної геометричної форми
- № 2 Вивчення законів поступального руху на машині Атвуда
- № 3 Вивчення обертального руху твердого тіла на прикладі маятника Обербека.
- № 4 Визначення моменту інерції махового колеса та момента сили тертя в опорі.
- № 5 Визначення моменту інерції тіла за допомогою крутильного маятника FPM-05.
- № 6 Визначення модуля Юнга методом прогину стержня.
- № 7 Застосування фізичного маятника для визначення прискорення вільного падіння.
- № 8 Визначення логарифмічного декременту та коефіцієнта згасання коливань.
- № 9 Вивчення законів механіки при дослідженні крутильних коливань.
- № 10 Визначення швидкості звуку в повітрі методом інтерференції.
- № 11 Визначення коефіцієнта динамічної в'язкості рідини методом Стокса.
- № 12 Визначення коефіцієнта динамічної в'язкості рідини капілярним віскозиметром.
- № 13 Визначення середньої довжини вільного пробігу та ефективного діаметра молекул повітря.
- № 14 Визначення відношення молярних теплоємностей C_p / C_v для повітря.
- № 15 Визначення коефіцієнта поверхневого натягу рідин методом порівняння крапель.
- № 16 Визначення коефіцієнта поверхневого натягу рідин методом відриву кільця.
- № 17 Визначення температурного коефіцієнта лінійного розширення твердих тіл.

Лабораторія електрики і магнетизму

- № 31 Вивчення електростатичного поля.
- № 32 Визначення ціни поділки і внутрішнього опору гальванометра.
- № 33 Вимірювання опорів містком Уїтстона.

- № 34 Визначення температурного коефіцієнта електроопору металів.
- № 35 Вимірювання електрорушійної сили джерела методом компенсації.
- № 36 Градування термометра.
- № 37 Визначення питомого опору електроліту.
- № 38 Визначення ємності конденсатора за допомогою містка Сотті.
- № 39 Перевірка закону Ома для змінних струмів.
- № 40 Визначення роботи виходу електронів з металу.
- № 41 Визначення питомого заряду електрона методом магнетрона.
- № 42 Вивчення релаксаційного генератора.
- № 43 Вивчення магнетного поля соленоїда за допомогою датчика Холла.
- № 44 Визначення горизонтальної складової напруженості та індукції магнетного поля Землі.
- № 45 Дослідження гістерезису феромагнітних матеріалів.
- № 46 Дослідження електромагнітних хвиль у двопровідній лінії.
- № 47 Дослідження явища резонансу в RLC-контурі.
- № 48 Дослідження явища взаємодукції.
- № 49 Вивчення електронного осцилографа.

Лабораторія оптики та будови речовини

- № 61 Визначення показника заломлення скла.
- № 62 Визначення показників заломлення рідин за допомогою рефрактометра.
- № 63 Визначення світлотехнічних характеристик та світлового поля лампи розжарення.
- № 64 Визначення концентрації розчину цукру за допомогою поляриметра.
- № 65 Визначення довжини світлової хвилі за допомогою кілець Ньютона.
- № 66 Визначення довжини світлової хвилі за допомогою дифракційної ґратки.
- № 67 Визначення сталої Стефана-Больцмана.
- № 68 Дослідження спектру випромінювання атома водню.
- № 69 Зняття вольт-амперних характеристик і визначення струму насичення фотоелемента із зовнішнім фотоелементом.
- № 70 Визначення сталої Планка за допомогою фотоелемента.
- № 71 Визначення спектральної чутливості напівпровідникового фотоелемента.
- № 72 Вивчення механізму фотопровідності та фотоелектричних властивостей фотоопору.
- № 73 Дослідження залежності опору напівпровідників від температури.
- № 74 Визначення коефіцієнта поглинання гама-променів за допомогою лічильника Гейгера-Мюллера.

4.3. Рекомендації щодо підготовки та виконання лабораторних робіт

I Підготовка до лабораторної роботи

1. Прочитати інструкцію до лабораторної роботи.
2. Переписати в робочий зошит назву роботи, її мету, перелік приладів і матеріалів.
3. Законспектувати теоретичні відомості й виведення розрахункових формул, основну увагу приділяючи формулюванню явищ і фізичних законів, на яких базується дана робота.
4. Зробити рисунок установки з поясненнями до нього.
5. Переписати розрахункові формули і порядок виконання роботи.
6. Підготувати таблиці для запису результатів дослідів.

7. Вивести формули для обчислення похибок.
8. Ознайомитися з контрольними запитаннями.

II Що необхідно знати перед виконанням лабораторної роботи

1. Формулювання явищ і фізичних законів, на яких базується дана робота.
2. Назви, розмірності, спосіб визначення всіх величин, що входять у розрахункові формули.
3. Опис установки до лабораторної роботи за рисунком і пояснення її принципу дії.
4. Порядок виконання роботи.
5. Відповіді на контрольні запитання.

III Виконання лабораторної роботи

1. Отримати допуск до роботи у викладача.
2. Пояснення до даної роботи отримати перед виконанням дослідів у лаборанта або інженера.
3. Виконуючи досліди, всі дані експериментів записувати у таблиці, всі проміжні розрахунки робити у зошиті, графіки виконувати на міліметровому папері.
4. Після виконання роботи на занятті дати зошит для перевірки і підпису викладачу (якщо робота виконується в позаурочний час, то зошит перевіряється і підписується лаборантом або інженером у лабораторії).

IV Оформлення звіту про виконану лабораторну роботу

1. Звіт оформляти на подвійному аркуші із зошита або на листках формату А4 з одного боку.
2. На титульному листку зверху вказати міністерство, назву вузу, кафедри, лабораторії. В центрі листка вказати номер та назву виконаної лабораторної роботи. Нижче справа вказати прізвище та ініціали, шифр групи студента, що виконав роботу та викладача, що прийняв роботу. Внизу листка вказати місто і рік.
3. Звіт повинен містити:
 - мету роботи;
 - прилади та матеріали;
 - рисунок установки з поясненнями;
 - розрахункові формули з поясненнями;
 - формули для похибок;
 - таблиці з результатами дослідів;
 - графіки (якщо це вказано у роботі);
 - кінцеві результати.

V Захист звіту за виконану лабораторну роботу

Захист звіту за виконану лабораторну роботу передбачає коротку співбесіду студента з викладачем, мета якої – оцінити знання студента з обговорюваної теми курсу фізики, рівень оволодіння ним відповідними практичними навичками (користування приладами, вміння оцінити похибку вимірювань, вміння скласти письмовий звіт за даними експерименту, зробити висновки за результатами роботи), пояснити студентові допущені помилки. Закінчується захист звіту оцінкою роботи студента в балах (п. 6.3.1).

5. Практичні заняття

5.1 Вхідний контроль знань з фізики

Вхідний контроль знань з фізики проводиться, переважно, на першому занятті по розв'язуванню задач і має своєю метою оцінити рівень залишкових знань з фізики за програмою середньої школи. Оцінюється розуміння найзагальніших понять фізики, знання основних законів фізики, навички виконання числових обрахунків на базі фізичних формул, вміння тлумачити поведінку об'єктів мовою фізики, знання одиниць вимірювання фізичних величин. Результати вхідного контролю знань використовуються кафедрою для уточнення методики викладання в окремих групах студентів.

5.2 Тематика практичних занять

Нижче наведена орієнтовна тематика практичних занять по розв'язуванню задач відповідно до трьох розділів курсу фізики. До початку кожного заняття на задану тему студент повинен ознайомитися зі змістом лекції на відповідну тему, знати основні поняття та означення з теорії, ознайомитися з типовими розв'язками завдань, які планується обговорювати на занятті (відповідно до інструкції викладача).

Частина 1: Механіка і молекулярна фізика

№ п/п	Тема заняття	К-сть год.
1.	Методика розв'язування задач. Кінематика матеріальної точки.	2
2.	Динаміка матеріальної точки та поступального руху твердого тіла.	2
3.	Сили в механіці. Робота та енергія.	2
4.	Обертвий рух твердого тіла. Умови рівноваги тіл.	2
5.	Механічні коливання і хвилі.	2
6.	МКТ ідеального газу.	2
7.	Начала термодинаміки.	2
8.	Реальні гази, рідини і тверді тіла.	2

Частина 2: Електрика і магнетизм

№ п/п	Тема заняття	К-сть год.
1.	Електричне поле у вакуумі. Теорема Гаусса.	2
2.	Електричне поле в речовині. Електроємність. Енергія електричного поля.	2
3.	Закони постійного струму. Класична теорія електропровідності металів. Струм в газах. Термоелектрика.	2
4.	Магнетне поле провідника зі струмом. Сила Ампера. Намагнічення речовини.	2
5.	Рух заряджених частинок в електричних і магнетних полях.	2
6.	Явище електромагнетної індукції. Індуктивність. Енергія магнетного поля.	2
7.	Електромагнетні коливання. Закони змінного струму.	2
8.	Електромагнетні хвилі.	2

Частина 3: Оптика і будова речовини

№ п/п	Тема заняття	К-сть год.
1.	Геометрична оптика. Фотометрія	2
2.	Хвильова оптика	2
3.	Квантова оптика	2
4.	Атом водню за теорією Бора. Хвильові властивості частинок.	2
5.	Елементи квантової механіки	2
6.	Елементи квантової теорії твердих тіл.	2
7.	Радіоактивність ядер. Взаємодія випромінювання з речовиною.	2
8.	Ядерні реакції. Елементарні частинки	2

5.3 Рекомендації щодо виконання завдань по розв'язуванню задач

Задача з фізики – це конкретна спроба застосування теорії до кількісного опису фізичного явища. Описати явище значить пояснити поведінку тіл в тих чи інших умовах. Задача передбачає отримання кількісної відповіді для шуканої величини або аналітичної залежності між величинами. Вправа з фізики передбачає, в основному, якісний аналіз явища і є спробою відтворити фізичні міркування.

Дотримуйтеся такого порядку розв'язування задач з фізики:

- Вникнути у фізичний зміст задачі. Зробити схематичний малюнок, що відображає геометрію тіл, прикладені сили, електричне коло, хід світлових променів тощо. Встановити, які величини є невідомими.
- Встановити співвідношення, які можуть бути корисними для знаходження невідомих величин. Окреслити область їх справедливості.
- Звести фізичну задачу до математичної (до розв'язування системи алгебраїчних рівнянь, обчислення похідних, до інтегрування, додавання векторів тощо). Отримати аналітичний розв'язок (виразити шукану величину через задані, не підставляючи їх числових значень). Іноді, для уникнення громіздкості, допускаються проміжні оцінки величин в числах.
- Перевірити правильність розв'язку методом аналізу розмірностей.
- Провести обрахунки, використовуючи правила наближених обчислень. Оцінити вірогідність отриманої відповіді.
- При потребі провести аналіз розв'язку на оптимізацію результату (максимум або мінімум) чи в граничних випадках.

5.4 Приклади розв'язку задач

Приклад 1: Проектор **O** (рис. 1), встановлений на відстані $l=100$ м від стіни **AB**, створює на стіні світну пляму. Проектор обертається навколо вертикальної осі з періодом $T=20$ с. Знайти: 1) рівняння руху світної плями на стіні протягом першої чверті оберта; 2) швидкість \mathcal{V} руху світної плями на стіні в момент $t=2$ с. За початок відліку прийняти положення променя вздовж **OC**.

Дано:

$$l=100 \text{ м}$$

$$T=20 \text{ с}$$

$$t=2 \text{ с}$$

Знайти:

$$1) x(t) - ?$$

$$2) \mathcal{V}|_{t=2 \text{ с}} - ?$$

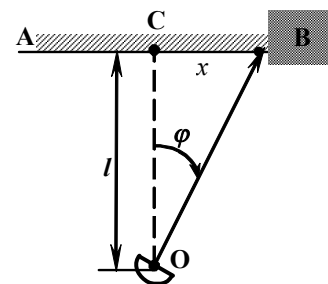


Рисунок 1

Розв'язування

Аналіз фізичної ситуації: На рисунку світна пляма відповідає точці В. Позначимо зміщення променя від положення ОС до положення ОВ через x . Тоді відповідь на перше питання отримаємо, якщо знайдемо залежність $x(t)$ в першу чверть оберта ($0 \leq \varphi \leq \frac{\pi}{2}$). Відповідь на друге питання знайдемо, виходячи з означення миттєвої швидкості $\vartheta = \frac{dx}{dt}$. Обидва рівняння – $x(t)$ та $\vartheta(t)$ – є кінематичними рівняннями руху світної плями.

Знаходження рівнянь руху світної плями: З рисунку слідує

$$\frac{x}{l} = \operatorname{tg} \varphi,$$

де кут повороту променя φ змінюється з часом t

$$\varphi = \frac{2\pi}{T} \cdot t$$

на основі відповідного кінематичного рівняння для рівномірного обертання з періодом T . Тобто, рівняння руху світної плями має вигляд

$$x(t) = l \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{2\pi}{T} t \right).$$

Для швидкості далі матимемо (після обчислення похідної)

$$\vartheta(t) = \frac{dx(t)}{dt} \rightarrow \vartheta(t) = \left(\frac{2\pi l}{T} \right) \cdot \frac{1}{\cos^2 \left(\frac{2\pi}{T} t \right)}.$$

Перевірка розмірності:

$$[\vartheta] = \frac{[l]}{[T]} = \frac{м}{с}$$

(Вираз $\cos^2 \left(\frac{2\pi}{T} t \right)$ є безрозмірним).

Обрахунок числової відповіді: Підрахуємо значення аргумента косинуса в момент $t = 2 \text{ с}$ –

$$\frac{2\pi}{T} t \rightarrow \frac{2 \cdot 3,14}{20 \text{ с}} 2 \text{ с} = 0,628 \text{ рад} \rightarrow \frac{360^\circ \cdot 0,628}{2 \cdot 3,14} = 36^\circ.$$

За таблицями Брадіса $\cos(0,628) = 0,809$, а тоді

$$\vartheta|_{t=2\text{с}} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 100 \text{ м}}{20 \text{ с}} \cdot \frac{1}{(0,809)^2} = 48,0 \frac{м}{с}.$$

Ми зберегли в кінцевому результаті три значущі цифри (як для числа $\pi = 3,14$), тоді як l , T , і t вважаються заданими точно.

Аналіз граничних випадків:

При $\varphi \rightarrow \frac{\pi}{2}$ (або $t \rightarrow \frac{T}{4}$) маємо $\cos \varphi \rightarrow 0$ і $\vartheta \rightarrow \infty$. Це означає, що при

спрямуванні променя паралельно до стінки швидкість світної плями формально стає нескінченно великою (паралельні промені перетинаються на нескінченності), тоді як матеріальні об'єкти (таким є світло) поширюються з обмеженою швидкістю. Парадокс розв'язується таким чином, що в деякий момент часу світло не доходить до точки В і означена швидкість є нефізичною (не описує руху реального об'єкта).

Приклад 2: Вздовж одної лінії на віддалі $a=5$ см один від другого розміщені три паралельні лінійні провідники зі струмом (рис. 2). Знайти положення точки на осі X -ів, в якій індукція повного поля $\vec{B}=0$.

Дано:
 $I_1=I_2=I$ (від нас)
 $I_3=2I$ (до нас)
 $a=5$ см

Знайти:
 координату точки на осі X , для якої $B=0$.

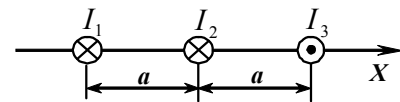


Рисунок 2

Розв'язування

Аналіз фізичної ситуації: Магнетне поле створюється трьома лінійними провідниками зі струмом. За принципом суперпозиції полів

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3.$$

Результат залежить від величини і напрямку цих полів в шуканій точці. Величина індукції магнетного поля лінійного провідника зі струмом задається співвідношенням

$$B = \mu_0 \frac{I}{2\pi R},$$

де I – сила струму, R – віддаль від провідника до точки спостереження по радіальній лінії. Напрямок вектора \vec{B} задається правилом правого свердлика. На рис. 3 подана картинка додавання векторів \vec{B}_1 , \vec{B}_2 , та \vec{B}_3 в деякій точці між провідниками 1 і 2 (x – відстань від точки спостереження до провідника 1). Записуючи

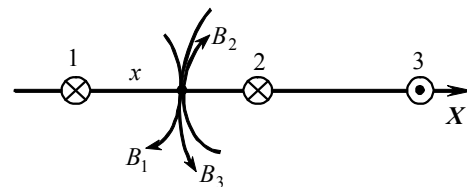


Рисунок 3

вихідне рівняння $\vec{B} = 0$ в проекції на напрямок, перпендикулярний до осі X -ів, матимемо співвідношення для модулів вектора індукції

$$B_1 - B_2 + B_3 = 0,$$

з якого знайдемо значення координати x .

Обрахунок координати x : Після підстановки виразів для величини B_1 , B_2 та B_3 матимемо рівняння

$$\frac{\mu_0}{2\pi} \left(\frac{I}{x} - \frac{I}{a-x} + \frac{2I}{2a-x} \right) = 0,$$

звідки після зведення до спільного знаменника отримуємо

$$2a^2 - 3a \cdot x = 0.$$

Розв'язком цього рівняння є $x = \frac{2}{3}a$.

Відповідь: Шукана точка знаходиться на відстані 3,3 см правіше 1-го провідника.

Допоміжний аналіз: Переконайтеся самостійними міркуваннями, що в інших проміжках випадок $B=0$ не може реалізуватися.

Приклад 3: Де побачить око монету, розміщену у воді на глибині $h=1,00$ м? Показник заломлення води $n=1,33$.

Розв'язування

Дано:
 $h=1,00$ м
 $n=1,33$

Знайти:
 $h' - ?$

Аналіз фізичної ситуації: Око побачить монету там, де буде знаходитися зображення монети після заломлення променів на поверхні води. На рис. 4 точка S позначає положення монети на дні

водойми, а S' – положення зображення монети. Таким чином $AS = h$, а $AS' = h'$ (уявна глибина залягання монети). Співвідношення між h' і h можна знайти з геометрії рисунку при використанні закону заломлення світла для променя 2

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{1}{n},$$

де n – відносний показник заломлення води.

Доведення розрахункової формули для уявної глибини: З трикутників ABS та ABS' знаходимо

$$AB = h \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad \text{та} \quad AB = h' \cdot \operatorname{tg} \beta.$$

Тоді

$$h \cdot \operatorname{tg} \alpha = h' \cdot \operatorname{tg} \beta,$$

або

$$h' = h \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \beta} \rightarrow \frac{h}{n} \cdot \frac{\cos \beta}{\cos \alpha} \rightarrow \frac{h}{n}$$

(при малих кутах α і β – обидва промені 1 і 2 мають попасти в зіницю ока спостерігача – косинуси заміняємо на 1).

Відповідь:

$$h' = \frac{1,00 \text{ м}}{1,33} = 0,75 \text{ м.}$$

Око побачить монету на глибині 75 см.

Додатковий аналіз: Побудуйте зображення монети при спостереженні збоку, коли око розташоване в напрямку променя 2, і переконайтеся в тому, чи положення зображення монети не зміниться.

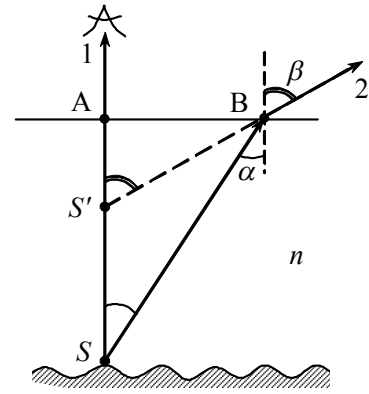


Рисунок 4

6. Семестровий контроль знань та навичок студентів

6.1. Основні знання та навички

Студент повинен знати:

- Зміст поширених в практиці фізичних величин та одиниці їх вимірювання;
- Зміст основних теорій класичної та сучасної фізики;
- Формулювання базових фізичних законів та область їх застосування;
- Атомно-молекулярну будову речовини та основні форми її існування;
- Способи ідеалізації фізичних явищ та об'єктів (матеріальна точка, абсолютно тверде тіло, гладка поверхня, ламінарна течія, незгасимі коливання, ідеальний газ, абсолютне чорне тіло, еквівалентне електричне коло тощо);
- Типові експериментальні методи фізичних досліджень;
- Математичні засоби, що використовуються для опису фізичних явищ;
- Методи пошуку наукової інформації (користування бібліотечним каталогом, інтернетом).

Студент повинен вміти:

- Виділити фізичний зміст в задачах інженерної практики;
- Зробити якісний аналіз фізичних процесів та висувати гіпотези;
- Проводити вимірювання фізичних характеристик матеріальних об'єктів, використовуючи типові приладдя;

- Оцінити похибку проведених вимірювань;
- Виконати найпростіший теоретичний розрахунок закономірностей фізичних явищ з числовою оцінкою характеристик;
- Робити схематичні малюнки, що відображають фізичну ситуацію з об'єктами вивчення;
- Будувати графіки за даними сумісних вимірювань та надавати їм тлумачення;
- Користуватися технічними засобами для обробки даних експерименту чи при теоретичних обрахунках (логарифмічною лінійкою, калькулятором, персональним комп'ютером);
- Користуватися бібліотечним фондом довідкової літератури.

6.2 Зразки типових тестів для модульного та семестрового контролю знань

Приклад 1: Матеріальна точка масою $m=4$ кг здійснює гармонічне коливання під впливом пружної сили $F = -\pi^2 x$. Яким є період коливань?

- A. 4 с. B. 2 с. C. π с. D. 0,5 с.

Алгоритм виконання: Тіло підвішене на пружині складає систему, що називається пружинним маятником. Період коливань пружинного маятника T задається співвідношенням

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{\beta}},$$

де β – коефіцієнт квазіпружної сили ($F_{np} = -\beta \cdot x$). За умовою тесту $m=4$ кг і $\beta = \pi^2$ Н/м, тому

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{4}{\pi^2}} = 4 \text{ с}$$

Правильна відповідь: A. 4 с.

Приклад 2: Яка з кривих розподілу Максвелла даного сорту газу відповідає найнижчій температурі (рис. 1)?

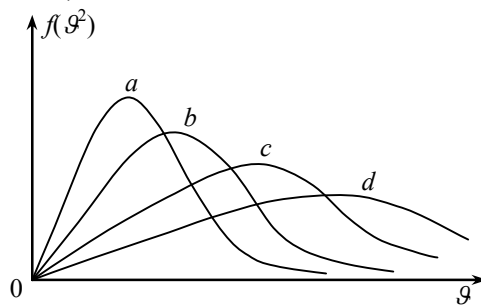


Рисунок 1

Алгоритм виконання: Положення максимуму функції розподілу відповідає швидкості

$$g_0 = \sqrt{\frac{2RT}{\mu}},$$

де T – температура газу. Тому найнижчій температурі відповідає крива „a”, оскільки для неї g_0 має найменше значення поміж інших кривих.

Правильна відповідь: крива „a”.

Приклад 3: Чому рівний питомий опір провідника за графіком залежності густини струму від напруженості електричного поля, поданим на рис. 2?

- A. Питомий опір є сталим.
- B. 0,005 Ом·м.
- C. 5 Ом·мм.
- D. Вихідних даних недостатньо для встановлення опору.

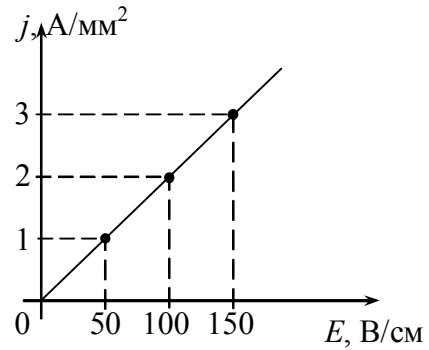


Рисунок 2

Алгоритм виконання: За законом Ома в диференціальній формі

$$j = \frac{1}{\rho} \cdot E,$$

звідки для питомого опору ρ знаходимо за суміжними точками графіка

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{E}{j} = \frac{150}{3} = \frac{100}{2} = \frac{50}{1} = 50 \frac{B/cm}{A/mm^2} = 50 \text{ Ом} \cdot \frac{мм^2}{см} = \\ &= 50 \text{ Ом} \cdot \frac{мм^2}{10 мм} = 5 \text{ Ом} \cdot мм = 0,005 \text{ Ом} \cdot м \end{aligned}$$

- Правильні відповіді: A. Питомий опір є сталим.
 B. 0,005 Ом·м.
 C. 5 Ом·мм.

Приклад 4: Який вираз називається законом Ома для ділянки кола змінного струму (рис. 3)?

- A. $Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$.
- B. $u_0 = i_0 \cdot Z$.
- C. $u_0 = i_0 \cdot R$.
- D. $u_{ef} = i_{ef} \cdot Z$.

Алгоритм виконання: Закон Ома для ділянки кола змінного струму пов'язує амплітудні (або діючі чи ефективні) значення сили струму та напруги за співвідношенням, подібним до дослідного закону Ома для постійного струму $U = I \cdot R$.

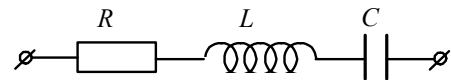


Рисунок 3

- Правильні відповіді: B. $u_0 = i_0 \cdot Z$
 D. $u_{ef} = i_{ef} \cdot Z$.

Тут ефективне значення сили струму $i_{ef} = \frac{i_0}{\sqrt{2}}$, де i_0 – амплітудне значення сили

струму, а $Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$ позначає повний опір ділянки кола для струму частоти ω .

Приклад 5: Які з перерахованих променів викликають фотоефект для речовини з червоною межею $\lambda_0=450$ нм?

- A. Ультрафіолетові.
- B. Фіолетові.
- C. Зелені.
- D. Червоні.

Алгоритм виконання: За законами фотоефекту останній є пороговим явищем, тобто проявляється лише при довжині хвилі для світла $\lambda \leq \lambda_0$, де λ_0 позначає так-звану

червону межу фотоефекту. За умовною шкалою світлових хвиль такій нерівності при $\lambda_0 = 450$ нм відповідають ультрафіолетові ($\lambda < 390$ нм) та фіолетові ($\lambda = 390 \div 410$ нм) промені.

Правильні відповіді: А. Ультрафіолетові. В. Фіолетові.

Приклад 6: Який з переходів на схемі енергетичних рівнів атома водню (рис. 4) відповідає поглинанню найбільшої довжини хвилі ультрафіолетової серії?

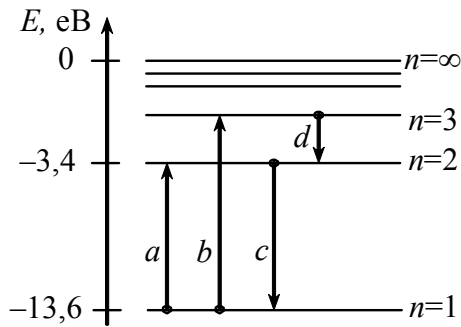


Рисунок 4

Алгоритм виконання: За схемою оптичних переходів на рис. 4 поглинанню відповідають переходи „a” і „b”. Обидва переходи належать ультрафіолетовій серії (серії Лаймана). Так як довжина світлової хвилі для переходу між станами „n” та „m” цієї серії задається співвідношенням

$$\frac{1}{\lambda} = R \cdot \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right),$$

де $n = 1$ а $m = 2, 3, 4, \dots$, то з останнього випливає, що найбільша довжина хвилі λ відповідає переходові „a” (тоді $n = 1$ та $m = 2$ і числове значення виразу в дужках є мінімальним).

Правильна відповідь: перехід „a”.

6.3 Критерії оцінювання

Кожен вид навчальної діяльності студента оцінюється в балах (виконана лабораторна робота, опрацьована тема по розв’язуванню задач, ведення конспекту, участь в олімпіадах чи науково-дослідній роботі тощо). Нижче наведені критерії оцінювання участі студента в лабораторному занятті та практичному занятті. В підсумку за модуль виставляють середні оцінки, до яких додають бали за інші види навчальної діяльності, (написання контрольних тестів, преміальні бали за самостійну роботу над конспектом лекцій, участь в олімпіадах тощо).

6.3.1 Лабораторна робота

- 0 балів – відсутність студента на занятті;
- 1-2 бали – формальна готовність до виконання роботи, наявність відповідних записів в зошиті;
- 3 бали – повна готовність до лабораторної роботи, отриманий допуск до її виконання у викладача;
- 4 бали – відроблена лабораторна робота за дозволом інженера (з попереднім записом на відробку на кафедрі);
- 5 балів – здійснені виміри за дозволом викладача (на занятті чи відробці), розрахунки завершені не повністю (підпис викладача);
- 6 балів – результати вимірів зняті і опрацьовані, кінцевий результат підписано викладачем;
- 7-10 балів – повністю виконана лабораторна робота, зданий звіт та теоретичний матеріал роботи.

Мінімальним результатом участі студента у занятті має бути наявність допуску викладача до виконання лабораторної роботи.

Студент зобов’язаний виконати всі лабораторні роботи за індивідуальним планом.

6.3.2 Практичне заняття

- 0 балів – відсутність студента на занятті;
- 1-2 бали – присутність студента на занятті, наявність в зошиті частини розв'язаних задач;
- 3 бали – наявність в зошиті всіх задач, розв'язаних на занятті;
- 4-5 балів – наявність в зошиті всіх задач, розв'язаних на занятті; участь у розв'язуванні задач, володіння основними поняттями і законами відповідної теми;
- 6-8 балів – наявність в зошиті всіх задач, розв'язаних на занятті; активна участь у розв'язуванні задач, вміння самостійно розв'язувати задачі відповідної теми з семестрового завдання.

Мінімальним позитивним результатом участі студента у занятті має бути наявність в зошиті всіх задач, розв'язаних на занятті, володіння основними поняттями і законами відповідної теми.

Пропущені заняття студент зобов'язаний відробити.

6.3.3 Модульні тести

Модульні тести – це набір коротких завдань, виконання яких дозволяє перевірити конкретні знання студента та володіння навичками певного способу дій. За окремий модуль максимальна оцінка становить 20 балів.

Переважно тестові завдання сформульовані у формі, коли пропонується вибрати (після певних міркувань, обчислень чи застосування конкретних правил) правильний варіант відповіді серед декількох запропонованих. Таких правильних відповідей в окремих випадках може бути більше однієї, але одна присутня обов'язково. Підсумовуються бали, отримані за виконання ряду тестових завдань.

6.3.4 Семестровий іспит (залік)

Семестровий залік – виставляється студентові, який виконав всі завдання навчальної програми і набрав за їх виконання ≥ 45 балів. До набраної під час семестру суми балів студентові, внаслідок процедури заліку, автоматично додається $1/3$ від набраної кількості балів. Рейтинг студента в балах можна підвищити шляхом преміювання за додаткові навчальні дії по оволодінню предметом навчання.

Семестровий іспит проводиться шляхом або додаткового тестування або екзаменування за окремими білетами. Максимальна сума балів за іспит складає 25 балів. До іспиту допускаються студенти, які виконали всі завдання навчальної програми і набрали ≥ 45 балів. Рейтинг студента можна підвищити шляхом преміювання за додаткові навчальні дії над програмним матеріалом.

6.4 Рейтингова оцінка за семестр

Семестрова рейтингова оцінка студента в балах формується з модульних оцінок (до 75 балів за семестр) та екзаменаційної оцінки (до 25 балів) чи залікової постулятивної надбавки ($1/3$ від поточної кількості балів). Разом за семестр ця сума не перевищує 100 балів. На основі рейтингової оцінки в балах виставляється оцінка в шкалі ECTS та в національній шкалі.

Інтервальна шкала оцінок

Рейтинговий показник	Шкала оцінювання ECTS	Національна шкала оцінювання
90-100	A	відмінно
82-89	B	добре
75-81	C	
67-74	D	задовільно
60-66	E	
35-59	FX	незадовільно
1-34	F	

Студенти, які незадовільно засвоїли навчальний матеріал та набрали 35-59 балів (оцінка FX за шкалою ECTS), можуть повторно скласти іспит.

Студенти, які набрали менше, ніж 35 балів (оцінка F за шкалою ECTS), повинні прослухати курс повторно.