

**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
“УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ”  
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ**

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**  
Декан інженерно-технічного  
факультету  
*М. М. М.* Туряниця І.І.  
« 11 » *бересня* 2020 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
Фізика**

<b>Рівень вищої освіти</b>	<b>Перший (бакалаврський)</b>
<b>Галузь знань</b>	<b>17 – Електроніка та телекомунікації</b>
<b>Спеціальність</b>	<b>171 – Електроніка</b>
<b>Освітня програма</b>	<b>Електронні системи</b>
<b>Статус дисципліни</b>	<b>обов’язкова</b>
<b>Мова навчання</b>	<b>українська</b>

Робоча програма з навчальної дисципліни „Фізика” для студентів 2-го курсу кафедри електронних систем освітнього ступеня бакалавр за освітньою програмою «Електронні системи» галузі знань 17 Електроніка та телекомунікації за спеціальністю 171 Електроніка.

**Розробник:**


Турияниця І.І., с.н.с., доцент, канд. фіз. - мат. наук, доцент **кафедри приладобудування**.

Тягур Ю.І. - с.н.с., доцент, канд. фіз. - мат. наук, доцент **кафедри приладобудування**.

Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри приладобудування ІТФ ДВНЗ «УжНУ»

**протокол № 1 від 31 серпня 2020 р. р.**

Завідувач кафедри



проф. Іваницький В.П.

**Схвалено науково-методичною комісією ІТФ ДВНЗ «УжНУ»**

**протокол № 1 від «10» вересня 2020 р.**

Голова науково-методичної комісії



доц. Гапак О.М.

## 1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом	
	Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Кількість кредитів ЄКТС – <b>6</b>	Рік підготовки:	
Загальна кількість годин – <b>180</b>	<b>2-й</b>	-
Кількість модулів – <b>2</b>	Семестр:	
Тижневих годин для денної форми навчання: 10 аудиторних –5,0 самостійної роботи студента – 5,0	<b>3-й</b>	-
	Лекції:	
	<b>48</b>	-
	Практичні (семінарські):	
	<b>18</b>	-
Вид підсумкового контролю: екзамен.	Лабораторні:	
	<b>18</b>	-
Форма підсумкового контролю: усно.	Самостійна робота:	
	<b>96</b>	-

## 2. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою вивчення навчальної дисципліни «ФІЗИКА» є дати студентам знання та розуміння про основні фізичні явища у природі, навчити основним законам, формулам, рівнянням та закономірностям, принципам та співвідношенням в галузі класичної та сучасної фізики, щоб разом з курсами вищої математики та хімії, матеріалознавства, дати студентам нормативну базу природничо-наукових знань, та умінь, які необхідні для глибокого засвоєння ними сучасних інженерно-технічних, технологічних дисциплін професійної та практичної підготовки, та вміння ставити і розв'язувати потрібні виробничі задачі з Електроніки.

Для студентів, здобувачів вищої освіти, відповідно до освітньої програми вивчення дисципліни «Фізика-2» згідно представленої РПНД сприяє: формуванню знань, умінь та компетенцій з основ класичної та сучасної фізики з напрямків «Коливання та хвилі, енергія хвиль, енергетичні та фотометричні фізичні величини електромагнітного та світлового випромінювання», «Основ оптики (променева, хвильова, квантова)» та ««Елементи фізики атома, атомного ядра, квантової механіки, твердих тіл» Формує у студентів науково-природниче та інженерне мислення.

### **Загальні компетентності (ЗК) ОП «Електронні системи»**

**ЗК1.** Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

**ЗК2.** Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

**СК1.** Здатність використовувати знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів для проектування та застосування приладів, пристроїв та систем електроніки.

**СК5.** Здатність застосовувати відповідні математичні, наукові й технічні методи, сучасні інформаційні технології і комп'ютерне програмне забезпечення, навички роботи з комп'ютерними мережами, базами даних та Інтернет-ресурсами для вирішення інженерних задач в галузі електроніки.

**СК6.** Здатність ідентифікувати, класифікувати, оцінювати і описувати процеси у приладах, пристроях та системах електроніки за допомогою аналітичних методів, засобів моделювання, дослідних зразків та результатів експериментальних досліджень.

**СК8.** Здатність вирішувати інженерні задачі в галузі електроніки з урахуванням всіх аспектів розробки, проектування, виробництва, експлуатації та модернізації електронних приладів, пристроїв та систем.

## 3. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Передумовою вивчення навчальної дисципліни «Фізика-2» є опанування нижче приведених навчальних дисциплін з освітньо-професійної програми:

**ОК-6 - «Вища математика»,**

**ОК-8.1 - «Фізика-1»,**

**ОК-11 – «Матеріали і компоненти електроніки».**

## 4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Відповідно до освітньої програми «Електронні системи», вивчення навчальної дисципліни «Фізика-2» повинно забезпечити досягнення здобувачами вищої освіти таких програмних результатів навчання (ПРН):

<b>Програмні результати навчання</b>	<b>Шифри ПРН</b>
Описувати принцип дії за допомогою наукових концепцій, теорій та методів та перевіряти результати при проектуванні та застосуванні приладів, пристроїв та систем електроніки.	<b>ПРН1</b>

Застосовувати знання і розуміння диференційного та інтегрального числення, алгебри, функціонального аналізу дійсних і комплексних змінних, векторів та матриць, векторного числення, диференційних рівняння в звичайних та часткових похідних, ряду Фур'є, статистичного аналізу, теорії інформації, чисельних методів для вирішення теоретичних і прикладних задач електроніки.	<b>ПРН2</b>
Знаходити рішення практичних задач електроніки шляхом застосування відповідних моделей та теорій електродинаміки, аналітичної механіки, електромагнетизму, статистичної фізики, фізики твердого тіла.	<b>ПРН3</b>
Оцінювати характеристики та параметри матеріалів електронної техніки, розуміти основи твердотільної електроніки, електротехніки, аналогової та цифрової схемотехніки, перетворювальної та мікропроцесорної техніки.	<b>ПРН4</b>
Використовувати інформаційні та комунікаційні технології, прикладні та спеціалізовані програмні продукти для вирішення задач проектування та налагодження електронних систем, демонструвати навички програмування, аналізу та відображення результатів вимірювання та контролю.	<b>ПРН6</b>
Вміти засвоювати нові знання, прогресивні технології та інновації, знаходити нові нешаблонні рішення і засоби їх здійснення; відповідати вимогам гнучкості в подоланні перешкод та досягненні мети, раціонального використання та нормування часу, дисциплінованості, відповідальності за свої рішення та діяльність.	<b>ПРН13</b>
Дотримуватися норм сучасної української ділової та професійної мови.	<b>ПРН14</b>
Застосовувати розуміння теорії стохастичних процесів, методи статистичної обробки та аналізу даних при розв'язанні професійних завдань.	<b>ПРН16</b>
Демонструвати навички проведення експериментальних досліджень, пов'язаних з професійною діяльністю; вдосконалювати методики	<b>ПРН18</b>
Застосовувати методи математичного моделювання і оптимізації електронних систем для розробки автоматизованих та роботизованих виробничих комплексів.	<b>ПРН19</b>
Виявляти навички самостійної та колективної роботи, лідерські якості, організувати роботу за умов обмеженого часу з наголосом на професійну сумлінність.	<b>ПРН20</b>

Очікувані результати навчання, які повинні бути досягнуті здобувачами освіти після опанування навчальної дисципліни «Фізика-2»:

<b>Програмні результати навчання</b>	<b>Шифри ПРН</b>
<b>Знати і розуміти</b> основні фізичні явища, фізичні визначення, залежності, функції, закони, формули, рівняння, співвідношення, характеристики, параметри, фізичні одиниці, установки, прилади, пристрої схеми, графіки, будову, структуру, зв'язки, сформульовані приклади, задачі, поставлені запитання, згідно змістовних модулів. Достатній рівень для вирішення певного класу теоретичних, практичних, виробничих завдань. <b>Здатність</b> до подальшого навчання за освітньою – професійною програмою.	<b>ПРН1- ПРН4, ПРН6, ПРН13, ПРН14</b>
<b>Здатність застосовувати</b> базові фундаментальні знання, закони, формули, рівняння, установки, прилади пристрої для постановки, вивчення, розв'язання, теоретичних і практичних прикладів і задач.	<b>ПРН18, ПРН19</b>
<b>Здатність</b> проводити вимірювання і дослідження тих чи інших завдань, <b>аналізувати</b> результати вимірювань, похибки, будувати таблиці, графіки, функції, <b>синтезувати</b> висновки, моделі, схеми та оцінювати доцільність, ефективність, необхідність, складність.	<b>ПРН19, ПРН20</b>

## 5. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Робоча програма з дисципліни «Фізика-2», яка читається на другому курсі (3 семестр) всіх спеціальностей ІТФ поділена на два Модулі.

В Модуль 1. включено 9 навчальних тем, згідно таблиці п.4.

В Модуль 2. включено 8 навчальних тем, згідно таблиці п.4.

Для контролю кожного модуля розроблений перелік теоретичних питань, типові задачі, приклади, лабораторні роботи, завдання для самостійної роботи (розрахункові роботи), зі змістом яких студенти знайомляться на початку семестру.

Кожний модуль оцінюється максимально в 100 балів, які є середнім арифметичним з 100 балів “теоретичного модуля, плюс 100 балів з “практичного модуля” (підготовка до практичної, відповіді на запитання, розв’язування задач самостійно та в аудиторії, поточний контроль), плюс 100 балів з “лабораторного модуля з виконання лабораторних робіт (допуск, виконання, оформлення та захист лабораторних робіт, поточний контроль).

В кінці семестру виводиться середнє арифметичне двох модулів. (Рейтинг)

Критерії оцінок складових модуля і форми контролю знань приведені в таблиці.

	Складові модуля	Кількість балів	Форма контролю
<b>Модуль</b>	<b>а) Лекції,</b> (10-20) теоретичних запитань з приведених в переліку (визначення, рівняння, формули, схеми, графіки, залежності, закони, фізичні одиниці в СІ)	10(20) запитань по 10(5) балів кожне, отримуємо 100 балів.  (0-100) балів	Письмова модульна робота (відкрита форма тесту). (Контроль (написання) згідно графіка). (Теоретичні питання і задачі згідно програми п.3, п.5.)
	<b>б) практичні та розрахункові роботи</b> (підготовка та задачі)	(0-100) балів	Поточний контроль
	<b>в) лабораторні заняття</b>	(0-100) балів	Допуск, виконання і захист планових лабораторних робіт. Поточний контроль
<b>середнє арифметичне всього: 100 балів</b>			

За результатами виконання студентом навчальної програми впродовж семестру рекомендується виставляти заліки та екзамен без додаткового опитування за наступною шкалою:

### Шкала оцінювання студентів вузу : (ECTS та національна)

Сумарні бали	Оцінка ECTS	Екзамен (диф. залік)	Залік
90 – 100	A	Відмінно	<b>Зараховано</b>
82 – 89	B	Добре	
74 – 81	C		
64 – 73	D	Задовільно	
60 – 63	E		
35 – 59	FX	Незадовільно з можливістю повторного складання	Незараховано з можливістю повторного складання
1 – 34	F	Незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни	Незараховано з обов’язковим повторним вивченням дисципліни

## 6. ПРОГРАММА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### 6.1. Зміст навчальної дисципліни

#### МОДУЛЬ 1.

##### Змістовний модуль 2.1.

#### 2.1. «Коливання та хвилі. Енергія хвиль. Енергетичні та світлові величини»

##### Тема 1. Механічні коливання. Додавання коливань.

Вступ.

1. Вільні незгасаючі механічні гармонічні коливання та їх основні характеристики і параметри. (Рівняння, амплітуда, період, лінійна частота, циклічна частота, фаза, швидкість, прискорення, сила). Математичний маятник. Пружинний маятник. Фізичний маятник. Диференціальні рівняння коливного руху маятників, тобто незгасаючих механічних гармонічних коливань, розв'язки, характеристика, параметри.
2. Вільні згасаючі механічні гармонічні коливання та їх основні характеристики і параметри. (Визначення, диференціальне рівняння згасаючих механічних коливань, розв'язок, характеристика, параметри). Циклічна частота, власна циклічна частота, період, коефіцієнт опору, коефіцієнт згасання, логарифмічний декремент згасання, час релаксації, добротність
3. Вимушені механічні коливання та їх основні характеристики і параметри. (Визначення, періодична змушуюча сила, диференціальне рівняння змушених механічних коливань, розв'язок, характеристика, параметри). Амплітудно-частотна характеристика.  $A(\omega)$ . Фазочастотна характеристика.  $\varphi(\omega)$ . Резонанс.
4. Кінетична, потенціальна та повна енергія тіла, яке здійснює вільні гармонічні коливання.
5. Векторна діаграма як графічне зображення гармонічної функції коливного руху. Комплексне зображення гармонічних функцій коливного руху. Формула Ейлера.

##### 1.1. Додавання коливань.

6. Додавання двох однаково спрямованих гармонічних коливань  $x_1(t) = A_1 \cos(\omega t + \varphi_1)$  та  $x_2(t) = A_2 \cos(\omega t + \varphi_2)$  з однаковими частотами  $\omega$ . Аналіз.
7. Додавання двох однаково спрямованих гармонічних коливань  $x_1(t) = A \cos(\omega_1 \cdot t)$  та  $x_2(t) = A \cos(\omega_2 \cdot t)$  з різними але близькими частотами  $\omega_1 = \omega$  та  $\omega_2 = \omega + \Delta\omega$ , де  $\Delta\omega \ll \omega$ . Явище биття. Модульовані коливання. Гармонічний аналіз складних коливань (ряд Фур'є).
8. Додавання двох взаємно-перпендикулярних гармонічних коливань  $x(t) = A \cos(\omega t)$  та  $y(t) = B \cos(\omega t + \varphi)$  однакової частоти  $\omega$ . Аналіз.
9. Додавання двох взаємно-перпендикулярних гармонічних коливань  $x(t) = A \cos(\omega t)$  та  $y(t) = B \cos(\omega t + (\Delta\omega t + \varphi))$  частоти яких відрізняються на малу величину  $\Delta\omega$ . Фігури Лісажу.

##### Тема 2. Механічні пружні хвилі. Звукові хвилі. Загальні властивості хвиль. Акустика.

10. Механічні пружні хвилі та їх основні характеристики і параметри. Основні поняття та визначення. (Поздовжня, поперечна хвиля, фронт хвилі, частота хвилі, хвильова поверхня.) Рівняння плоскої хвилі. (Амплітуда. Довжина хвилі. Хвильове число, Період. Фазова швидкість. Групова швидкість.) Рівняння сферичної хвилі. Диференціальне рівняння пружної хвилі (Хвильове рівняння).

11. Миттєвий розподіл швидкостей коливання частинок в пружній хвилі ( $v = \frac{d\xi(x,t)}{dt}$ ) та розподіл деформації ( $\varepsilon = \frac{d\xi(x,t)}{dx}$ ), нормального напруження ( $\sigma$ ) в пружному середовищі. Закон Гука.
12. Кінетична, потенціальна та повна енергія пружної хвилі. Об'ємна густина повної енергії пружної хвилі ( $w = \frac{W}{\Delta V}$ ). Середнє значення об'ємної густини повної енергії пружної хвилі  $\langle w \rangle$  за період коливання ( $T$ ). Потік енергії пружної хвилі ( $d\Phi = \frac{dW}{dt}$ ). Вектор густини потоку енергії пружної хвилі - вектор Умова ( $\vec{J} = w \cdot \vec{v}$ ). Інтенсивність пружної хвилі  $I = \langle \vec{J} \rangle = \langle w \rangle \cdot v$ . Закон зміни амплітуди і інтенсивності плоскої хвилі.
13. Вивід формули, швидкості поширення хвилі у суцільному пружному середовищі. (Задача).
14. Інтерференція пружних хвиль. Умова максимуму та умова мінімуму. Дифракція пружних хвиль.
15. Стоячі пружні хвилі та їх основні характеристики. Умова пучності та умова вузла.
- 2.1. Звукові коливання. Природа звуку. Звук у твердих тілах рідинах та газах. Акустика.*
16. Звук. Діаграма слуху. Інфразвук. Ультразвук. Акустика. (Основні поняття та визначення, характеристика та параметри).
17. Основні частоти коливання (тони та обертони) для стержня та струни. (Задача).
18. Швидкості поширення поздовжньої і поперечної звукової хвилі в твердих тілах. (Задача).
19. Швидкість поширення звуку в рідинах (рівняння), в газах (рівняння). Рівняння Пуассона. Формула Лапласа. Залежність швидкості поширення звуку в повітрі від температури. (Задача).
20. Явище Доплера. (Задача).

### Тема 3. Електромагнітні коливання, електромагнітні хвилі. Світло.

21. Вільні незгасаючі електромагнітні коливання та їх основні характеристики (коливальний контур, диференціальне рівняння коливань та його розв'язок, основні характеристики та параметри коливань).
22. Згасаючі електромагнітні коливання та їх основні характеристики (коливальний контур, диференціальне рівняння коливань та його розв'язок, основні характеристики та параметри коливань).
23. Вимушені електромагнітні коливання та їх основні характеристики (коливальний контур, диференціальне рівняння коливань та його розв'язок, основні характеристики та параметри коливань).
- 3.1. Електромагнітні хвилі. Світло*
24. Електромагнітна теорія світла. Електромагнітні хвилі. Світло. Хвильове рівняння та його розв'язок (рівняння плоскої електромагнітної хвилі  $E(t)$  і  $H(t)$ ). Шкала електромагнітних хвиль. Вектор Умова - Пойтінга.
25. Розрахунок швидкості світла ( $c$ ) у вакуумі, фазова швидкість ( $v$ ), групова швидкість ( $u$ ), показник заломлення світла ( $n$ ) в середовищі (Формула Максвелла).

### Тема 4. Фотометрія. Енергетичні та фотометричні величини електромагнітного та світлового випромінювання.

26. Загальні (енергетичні) величини, які характеризують електромагнітне випромінювання та їх одиниці.

27. Фотометричні величини світлового випромінювання та їх одиниці (енергія, потік, сила світла, освітленість, світність, яскравість).

### Змістовний модуль 2.2.

#### 2.2. «Оптика (променева, хвильова, квантова)»

##### Тема 5. Геометрична (променева) оптика.

28. Закони відбивання світла та закони заломлення світла (закон Снеліуса).
29. Повне внутрішнє відбивання. Вивід формули повного внутрішнього відбивання.
30. Плоске дзеркало. Побудова зображення світної точки та предмета в плоскому дзеркалі.
31. Вгнуте сферичне дзеркало, побудова зображення, формула дзеркала.
32. Опукле сферичне дзеркало, побудова зображення, формула дзеркала.
33. Проходження світла через прозору пластинку з паралельними гранями. Вивід формули пластинки.
34. Тонка призма. Виведення формули тонкої призми.
35. Лінзи. Типи лінз, основні характеристики лінз. Аберації. Оптична сила лінзи. Головна фокусна відстань лінзи.
36. Побудова зображень світної точки в лінзі (4 випадки).
37. Побудова зображень предмета в лінзі (6 випадків).
38. Око, як оптична система.
39. Лупа. Мікроскоп. Оптична схема. Коефіцієнт збільшення лупи та мікроскопа.
40. Зорова труба. Оптична схема. Коефіцієнт збільшення зорової труби.

##### 2.2.1. «Хвильова оптика»

##### Тема 6. Інтерференція світла.

41. Інтерференція світлових хвиль. Умови інтерференційного максимуму та мінімуму. (Принцип суперпозиції. Когерентні хвилі. Інтерференція. Оптичний шлях. Оптична різниця ходу променів, різниця фаз).
42. Методи та пристрої для одержання когерентних пучків поділом хвильового фронту (метод Юнга, бідзеркала Френеля, біпризма Френеля, білінза Біє).
43. Виведення формули оптичної різниці ходу променів та ширини інтерференційної смуги для двох когерентних коливань (метод Юнга, Френеля).
44. Інтерференція світла в плоско паралельній пластинці (клин). Виведення формули оптичної різниці ходу променів.
45. Смуги рівної товщини (клин). Умови інтерференційного максимуму та мінімуму. (Задача).
46. Кільця Ньютонна. Виведення формули радіуса кільця Ньютонна.
47. Смуги рівного нахилу (пластинка). Умови інтерференційного максимуму та мінімуму. (Зад.).
48. Кольори тонких плівок. Умови інтерференційного максимуму та мінімуму. (Задача).

##### Тема 7. Дифракція світла.

49. Явище дифракції світла. Досліди Френеля. Принцип Гюйгенса-Френеля.
50. Метод зон Френеля. Формула радіуса зони Френеля та виведення формули площі зони Френеля.
51. Дифракція на малому круглому отворі та на малому круглому екрані. Зонна пластинка Френеля. Дифракція на вузькій щілині. Виведення формули дифракції на щілині.
52. Дифракційна решітка. Формула дифракційної решітки. Роздільна здатність дифракційної решітки. Критерій Релея. Спектральна ширина щілини дифракційної решітки.
53. Площинні, просторові дифракційні решітки. Виведення формули Вульфа-Брегга.

### **Тема 8. Поляризація світла. Подвійне променезаломлення та обертання площини поляризації світла.**

#### 8.1. Природне і поляризоване світло

54. Лінійно, циркулярно та еліптично поляризоване світло. Поляризатори.
55. Поляризація світла при відбиванні та заломленні. Аналіз формул Френеля (залежність  $R(\alpha)$ ).
56. Закон Брюстера. Виведення формули. (Задача).
57. Закон Малюса. Виведення формули. (Задача).

#### 8.2. Поляризація світла при подвійному променезаломленні

58. Подвійне променезаломлення. Міра подвійного променезаломлення  $\Delta n$ .
59. Поляризаційні прилади на основі подвійного променезаломлення (призма Ніколя, Волластона, Рошона).
60. Еліптично поляризоване світло. Розрахунок товщини фазових пластинок ( $\lambda$ ,  $\lambda/2$ ,  $\lambda/4$ ). (Формули для розрахунку товщини фазових пластинок). (Задача).

#### 8.3. Обертання площини поляризації світла

61. Природне обертання площини поляризації світла. Закон Біо. (Задача).
62. Магнітне обертання площини поляризації світла в оптично неактивних речовинах (ефект Фарадея).

#### 8.4 Штучна анізотропія. (Оптика анізотропних середовищ)

63. Анізотропія тіл при деформації. Формули для визначення міри подвійного променезаломлення  $\Delta n$ , різниці ходу променів  $\delta$  та різниці фаз  $\Delta\phi$ .
64. Лінійний електрооптичний ефект Погкельса. Квадратичний електрооптичний ефект Керра. Формули для визначення міри подвійного променезаломлення  $\Delta n$ , різниці ходу променів  $\delta$  та різниці фаз  $\Delta\phi$ .
65. Квадратичний магнітооптичний ефект Коттона - Муттона. Формули для визначення міри подвійного променезаломлення  $\Delta n$ , різниці ходу променів  $\delta$  та різниці фаз  $\Delta\phi$ .

### **Тема 9. Дисперсія і абсорбція світла (Молекулярна оптика).**

66. Дисперсія світла. Нормальна та аномальна дисперсія світла. Абсорбція. Формула Коші. Фазова та групова швидкість світла.
67. Електронна теорія дисперсії світла. Рівняння дисперсії світла  $n(\omega)$ . (Вивід формули Зельмеєра).
68. Дисперсія світла на призмі. Формула тонкої призми. Розрахунок показника заломлення призми. Розрахунок кутової дисперсії призми. (Задача).
69. Відбивання, пропускання та поглинання світла. Закон Ламберта – Бугера - Бера. Зв'язок коефіцієнта поглинання ( $\alpha$ ) з показником поглинання ( $\chi$ ).

## **МОДУЛЬ 2.**

### 2.2.2. Квантова оптика

#### **Тема 10. Теплове випромінювання.**

70. Гіпотеза Планка і поняття про кванти світла. Фотон та його характеристики (енергія, імпульс, маса). Квантова природа світла (Дуалізм – хвиля-частинка).
71. Теплове випромінювання. Абсолютно чорне тіло, сіре тіло. Випромінююча та поглинаюча здатність.

72. Закони теплового випромінювання (Закон Кірхгофа. Закон Планка. Закон Релея - Джинса. Закони Віна. Закон Стефана - Больцмана).
73. Теплове випромінювання реальних тіл. Лампочка розжарювання.

#### **Тема 11. Фотоелектричний ефект.**

74. Фотоелектричний ефект. Зовнішній фотоелектричний ефект. Схема досліду. Закони зовнішнього фотоелектричного ефекту (закон Столетова, закон Ейнштейна). Червона межа фотоефекту.
75. Фотоелектричний ефект. Внутрішній фотоелектричний ефект. Фотопровідність.
76. Фотоелектричний ефект. Вентильний фотоелектричний ефект.

#### **Тема 12. Явище Комптона. Рентгенівське випромінювання. Люмінесценція.**

77. Ефект Комптона. Схема досліду. Квантова теорія ефекту Комптона.
78. Тиск світла на поверхню.
79. Рентгенівське випромінювання. Межа випромінювання рентгенівського спектру (межа Дьюена-Ханта). Частоти характеристичного рентгенівського випромінювання. Закон Мозлі.
80. Люмінесценція (визначення, типи збудження, основні характеристики люмінесцентного свічення).

### **Змістовний модуль 2.3.**

#### **2.3. «Елементи фізики атома, атомного ядра, квантової механіки, твердих тіл.**

#### **Тема 13. Модель атома. Досліди та теорія Резерфорда з розсіювання $\alpha$ -частинок.**

81. Модель атома Томсона. Розрахунок розміру атома. (Задача).
82. Досліди Резерфорда по розсіюванню  $\alpha$ -частинок (схема досліду та її пояснення). Ядерна модель атома.
83. Елементи кількісної теорії Резерфорда розсіювання  $\alpha$ -частинок. Схема розсіювання. Формули для розрахунку значення (b) – прицільної відстані  $\alpha$ -частинки; значення (D) – відстані максимального наближення  $\alpha$ -частинки до ядра. Формула Резерфорда та її інтерпретація. (Задача).

#### **Тема 14. Планетарна модель атома водню. Лінійчаті спектри. Теорія Бора.**

84. Планетарна модель атома водню. Сила, яка утримує електрон на орбіті в атомі і її величина. Рівняння руху електрона на орбіті, доцентрове прискорення. Кінетична енергія електрона. Потенціальна енергія електрона. Повна енергія електрона в системі електрон-ядро. Розрахунок радіуса орбіти електрона в атомі водню, якщо енергія зв'язку електрона в атомі водню  $E_{зв} = -13,6$  еВ. (Задача). Розрахунок частоти (f) обертання електрона на орбіті. (Задача).
85. Лінійчаті спектри атома водню (Формула Бальмера, Формула Рідберга, постійна Рідберга).
86. Досліди Франка-Герца. Протиріччя планетарної моделі атома з класичною теорією.
87. Квантові Постулати Бора. Елементарна теорія Бора атома водню. (Розрахунок борівського радіуса орбіти електрона в атомі. Розрахунок повної енергії електрона в атомі. Вивід формули Рідберга і розрахунок сталої Рідберга). (Задача).
88. Розрахунок та побудова енергетичної схеми атома водню. Розрахунок довжин хвиль серій Лаймана, Бальмера, Пашена, Брекета і Пфунда. (Задача).

#### **Тема 15. Елементи квантової механіки**

#### **Хвильові властивості частинки (речовини).**

89. Гіпотеза де Бройля. Формула де Бройля. Модель атома водню по де Бройлю.
90. Досліди Девісона. Розрахунок довжини хвилі електронів прискорених напругою (U)

91. Плоска монохроматична хвиля де Бройля (хвильова функція мікрочастинки). Властивості хвиль де Бройля.  
 Хвильова функція  $\psi(x, t)$  мікрочастинки.  
 Фазова швидкість  $v_{\Phi}$  мікрочастинки.  
 Групова швидкість  $u_{\Gamma}$  мікрочастинки.  
 Добуток фазової та групової швидкостей мікрочастинки.  
 Дисперсія хвилі де Бройля (залежність фазової швидкості від довжини хвилі).
92. Хвильова функція та її статичний зміст ( $\psi$  - функція). Загальне та стаціонарне рівняння Шредінгера. Імовірність  $dW$  знаходження частинки в об'ємі  $dV$ , хвильова функція якої  $\psi(x, y, z)$ . Умова нормування для хвильової функції  $\psi(x, y, z)$ . Імовірність  $W$  знаходження частинки в інтервалі від  $x_1$  до  $x_2$ , хвильова функція якої  $\psi(x)$ . Рівняння Шредінгера для  $\psi(x, t) = A \exp\left[-\left(\frac{i}{\hbar}\right)(Et - px)\right]$ -функції. Стаціонарне рівняння Шредінгера для  $\phi(x)$  функції, яка є рівна  $\phi(x) = A e^{\frac{ipx}{\hbar}}$ .
93. Принцип невизначеностей Гейзенберга. Принцип невизначеностей Гейзенберга для точних значень координат  $(x, y, z)$  та компонентів імпульсу  $(p_x, p_y, p_z)$ . Принцип невизначеностей Гейзенберга для енергії і часу. (Задача)

#### Тема 16. Атоми, молекули, тверді тіла.

94. Квантові числа  $(n, l, m_l, s)$ .
95. Принцип Паулі. Періодична система елементів Менделєєва (заповнення оболонок електронами в атомі). Рівняння, яке визначає кількість електронів в атомі.
96. Молекули. Енергія та спектри.
97. Елементи кристалографії. Метал, напівпровідник, ізолятор. Теорія зон. Електрична провідність.
98. Залежності електричного опору від температури  $R(T)$  для металу та напівпровідника.
99. Відносний температурний коефіцієнт електричного опору для металу та напівпровідника (Задача).
100. Електрична провідність, рухливість, енергії активації, ширина забороненої зони для напівпровідника.

#### Тема 17. Атомне ядро та елементарні частинки.

101. Складові атомного ядра.
102. Енергія зв'язку ядра.
103. Радіоактивність.
104. Ядерні реакції.
105. Елементарні частинки.

## 6.2. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	Денна форма						Заочна форма					
	Усього годин	у тому числі					Усього	у тому числі				
		Лек	Пра	Лаб	Інд	С.р.		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Модуль 1.</b>												
Змістовний модуль 1. “Коливання та хвилі”												
Тема 1. Механічні коливання. Додавання коливань.	12	4	4			4	12	1	1			10
Тема 2. Механічні пружні хвилі. Звук.	10	4	2			4	10	1	1			8
Тема 3. Електромагнітні коливання та електромагнітні хвилі. Світло.	10	4	2			4	11	1	2			8
Разом за змістовим модулем 1.	32	12	8	0	0	12	33	3	4	0	0	26
Змістовний модуль 2. “Енергетичні та фотометричні величини електромагнітного, світлового випромінювання. Геометрична оптика”												
Тема 4. Фотометрія.	6	2	2			2	11	1	2			8
Тема 5. Геометрична (променева) оптика.	10	2	2	4		2	10	1	1			8
Разом за змістовим модулем 2.	16	4	4	4	0	4	21	2	3	0	0	16
Змістовний модуль 3. “Хвильова оптика”												
Тема 6. Інтерференція світла.	10	4	2			4	13	1	2			10
Тема 7. Дифракція світла.	16	4	2	6		4	11	1		2		8
Тема 8. Поляризація світла.	14	4	2	4		4	11	1				10
Тема 9. Дисперсія і абсорбція світла	14	4	2	4		4	13	1	2	2		8
Разом за змістовим модулем 3.	54	16	8	14	0	16	48	4	4	4	0	36
Усього за модуль 1.	102	32	20	18	0	32	102	9	11	4	0	78

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	Денна форма						Заочна форма					
	Усього годин	у тому числі					Усього	у тому числі				
		Лек	Пр	Лаб	Інд	С.р.		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Модуль 2.</b>												
<b>Змістовний модуль 4. “Квантова оптика”</b>												
Тема 10. Теплове випромінювання.	10	2	2	4		2	12	1	1			10
Тема 11. Фотоелектричний ефект.	6	2	2			2	10	1	1			8
Тема 12. Явище Комптона. Рентгенівське випромінювання. Люмінесценція.	10	4	2			4	10	1	1			8
Разом за змістовим модулем 4.	26	8	6	4	0	8	32	3	3	0	0	26
<b>Змістовний модуль 5. “Елементи фізики атома та атомного ядра”</b>												
Тема 13. Модель атома. Досліди та теорія Резерфорда з розсіювання $\alpha$ -частинок.	6	2	2			2	9	1				8
Тема 14. Планетарна модель атома водню. Теорія Бора.	18	4	2	8		4	11	1				10
Тема 15. Хвильові властивості частинки (речовини).	6	2	2			2	9	1				8
Тема 16. Атоми, молекули, тверді тіла.	16	4	2	6		4	9	1				8
Тема 17. Атомне ядро та елем. частинки.	6	2	2			2	8					8
Разом за змістовим модулем 5.	52	14	10	14	0	14	46	4	0	0	0	42
Усього за мод.2.	78	22	16	18	0	22	78	7	3	0	0	68
Усього (М.1+М.2.)	180	54	18	18	0	96	180	16	14	4	0	146

### 6.3. ТЕМИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ.

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Тема 1. Механічні коливання. Додавання коливань.	2
2	Тема 2. Механічні пружні хвилі. Звук.	1
3	Тема 3. Електромагнітні коливання та електромагнітні хвилі. Світло.	1
4	Тема 4. Фотометрія.	1
5	Тема 5. Геометрична (променева) оптика.	1
6	Тема 6. Інтерференція світла.	1
7	Тема 7. Дифракція світла.	1
8	Тема 8. Поляризація світла.	1
9	Тема 9. Дисперсія і абсорбція світла.	1
10	Тема 10. Теплове випромінювання.	1
11	Тема 11. Фотоелектричний ефект.	1
12	Тема 12. Явище Комптона. Рентгенівське випромінювання. Люмінесценція.	1
13	Тема 13. Модель атома. Досліди та теорія Резерфорда з розсіювання $\alpha$ -частинок.	1
14	Тема 14. Планетарна модель атома водню. Теорія Бора.	1
15	Тема 15. Хвильові властивості частинки (речовини).	1
16	Тема 16. Атоми, молекули, тверді тіла.	1
17	Тема 17. Атомне ядро та елементарні частинки.	1
<b>Усього годин</b>		<b>18</b>

## 6.4. ТЕМИ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ.

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вивчення явища поляризації світла. Перевірка закону Малюса	2
2	Вивчення явища дифракції світла. Дослідження дифракційної ґратки: визначення постійної дифракційної ґратки та невідомої довжини хвилі.	3
3	Вивчення явища дисперсії світла. Градування монохроматора.	2
4	Вивчення показника заломлення світла. Дослідження показника заломлення плоско паралельної прозорої пластинки за допомогою мікроскопа.	2
5	Визначення потенціалів збудження та іонізації атомів. Схема Франка - Герца.	2
6	Вивчення законів теплового випромінювання. Розрахунок та експериментальне визначення констант в законах Стефана - Больцмана, Віна з досліджень вольт-амперної характеристики лампи розжарення.	2
7	Вивчення спектру випромінювання, серійних закономірностей випромінювання атома водню та визначення сталої Рідберга.	2
8	Дослідження температурної залежності електропровідності напівпровідників. Визначення енергії активації та температурного коефіцієнта опору напівпровідника.	3
<b>Усього годин</b>		<b>18</b>

## 6.6. ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ.

№ Теми	Перелік запитань	Кільк ість годин
1	Сучасні прилади та установки для дослідження та вимірювання параметрів (густини, в'язкості...) газу та рідини на основі явища згасаючих та вимушених механічних коливань.	4
2	Прилади для вимірювання, інтенсивності звуку, звукового тиску. Прилади на основі явища Доплера. Прилади для вимірювання діаграми слуху людського вуха. Основні фізичні принципи роботи.	4
3	Генератори вимушених електромагнітних коливань (електромагнітного випромінювання). Радари. Принцип роботи та використання	4
4	Сучасні приймачі електромагнітного випромінювання та світлового випромінювання.	2
5	Сучасні плоскі та сферичні дзеркала їх використання. Сучасні скляні лінзи та лінзи Френеля їх використання. Призми, пластинки та їх використання.	2
6	Сучасні прилади на основі інтерференції світла.	2
7	Прилади для одержання дифракційного спектру. Решітка Роуlanda. Ешелон Майкельсона. 7.3. Рентгенівський спектрограф Брега. (Схема, принцип роботи).	2
8	Столик та стопа Столетова. Ступінь поляризації світла. Сучасні поляризатори світла. Сучасні прилади на основі поляризації світла.	2
9	Дисперсія світла та її використання, прилади.	2
10	Теплове випромінювання. Лампа Лодигіна, Лангмюра. Сучасні освітлювальні та спеціальні джерела світла на основі теплового випромінювання.	2
11	Сучасні прилади та пристрої на основі фотоелектричного ефекту. (Зовнішнього, внутрішнього, вентильного).	2
12	Аналітичні рентгенівські прилади та установки. Сучасні люмінесцентні лампи. Явище люмінесценції та його використання в аналітичних приладах. Схема установки Лебедева та інших (тиск світла на поверхню).	2
13	Установка Резерфорда для розсіювання $\alpha$ -частинок. Схема та пояснення.	2
14	Досліди Франка - Герца.	2
15	Досліди Девісона. Установка для дослідження дифракції електронів.	2
16	Атоми, молекули, тверді тіла. Сучасні газові освітлювальні та спеціальні лампи. Світлодіоди та лазери.	2
17	Атомна електростанція. Схема. Принцип роботи. Недоліки.	2
<b>Усього годин</b>		<b>36</b>

## 6.5. САМОСТІЙНА РОБОТА.

№ Теми	Перелік запитань	Кількість годин
1	1.1. Механічний резонанс. 1.2. Фігури Лісажу.	4
2	2.1. Інтенсивність звуку. Звуковий тиск. 2.2. Явище Доплера.	4
3	3.1. Вимушені електромагнітні коливання. Резонанс струму, резонанс напруг. 3.2. Рівняння Максвелла. Хвильове рівняння.	4
4	4.1. Енергетичні величини електромагнітного випромінювання. 4.2. Одиниці сили світла: свічка, кандела, світловий потік. 4.3. Крива видимості. Явище Пуркіне.	2
5	5.1. Вгнуте сферичне дзеркало, Опукле сферичне дзеркало, побудова зображення, формула дзеркала. 5.2. Аберації. 5.3. Побудова зображень світної точки в лінзі (4 випадки). 5.4. Побудова зображень предмета в лінзі (6 випадків).	2
6	6.1. Методи та пристрої для одержання когерентних пучків поділом хвильового фронту (метод Юнга, бідзеркала Френеля, біпризма Френеля, білінза Біє). 6.2. Сути рівної товщини, рівного нахилу, кольори тонких плівок, розрахунок умов максимуму та мінімуму інтерференції.	4
7	7.1. Дифракція Френзеля, дифракція Фраунгофера. 7.2. Площинні, просторові дифракційні решітки. Виведення формули Вульфа - Брегга.	4
8	8.1. Поляризаційні прилади на основі подвійного променезаломлення (призма Ніколя, Волластона, Рошона). 8.2. Магнітне обертання площини поляризації світла в оптично неактивних речовинах (ефект Фарадея). Запитання (62, 63, 64 програми). (Схема принцип роботи).	4
9	9.1. Дисперсія світла, досліди Ньютона. 9.2. Електронна теорія дисперсії світла. Рівняння дисперсії світла $n(\omega)$ . (Вивід формули Зельмеєра). 9.3. Розрахунок параметрів в рівнянні Коші для оптичних матеріалів.	4
10	10.1. Теплове випромінювання. Розрахунок константи для закону Стефана - Больцмана. Закон Ламберта. Формула Планка у відносних одиницях.	2
11	11.1. Зовнішній фотоелектричний ефект. Основні закони. Схема досліду. Методика вимірювань та розрахунок відношення заряду електрона до маси. 11.2. Фоторезистори, характеристики, використання. 11.3. Вентильний фотоэффект. Схема, принцип, роботи, використання.	2
12	12.1. Явище Комптона. 12.2. Рентгенівське випромінювання. 12.3. Люмінесценція. Фотолюмінісценція основні характеристики. Дослідження явища тиску світлового променя на поверхню (схема установки).	4
13	13.1. Досліди (схема) та теорія Резерфорда з розсіювання $\alpha$ -частинок. Формула Резерфорда та її інтерпретація.	2
14	14.1. Планетарна модель атома водню та теорія Бора. Розрахунок константи Рідберга, довжин хвиль лінійчатих спектрів атома водню. Досліди Франка - Герца.	4
15	15.1. Хвильові властивості частинки (речовини). Дифракція електронів, схема установки та пояснення. Досліди Девісона.	2
16	16.1. Атоми, молекули, тверді тіла. Розрахунки прикладів по заповненню електронами s,p,d,f, - орбіталей.	4
17	17.1. Атомне ядро та елементарні частинки.	2
<b>Усього годин</b>		<b>54</b>

## **7. ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ВИКОРИСТАННЯ ЯКИХ ПЕРЕДБАЧАЄ НАВЧАЛЬНА ДИСЦИПЛІНА**

**Технічні засоби.** Плакати. Медіа проектор,, ноутбук. Дошка для писання крейдою. Крейда біла і кольорова. Указка.

**Обладнання.** Установки, прилади, пристрої, оптичні елементи, джерела живлення. Вимірювачі струму , напруги. Омметри, мультиметри, тощо необхідні для постановки і виконання лабораторних робіт.

**Програмне забезпечення.** Word/ Exsel/ Matlab/ Origin.

## **8. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ**

### **8.1. Методичне забезпечення.**

1. (Методичка в твердих палітурках).

Ю.І. Тягур, О.І. Жогова. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з фізики для студентів інженерно - технічних спеціальностей. Вид., УжНУ, 2012, -71 с.

2. (Методичка на CD-R диску).

Ю.І. Тягур, О.І. Жогова. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з фізики для студентів інженерно - технічних спеціальностей.

1. (Методичка на CD-R диску).

Ю.І. Тягур, Методичні рекомендації до практичних занять з фізики для студентів інженерно - технічних спеціальностей (задачі та розв'язки).

### **8.2. Література.**

#### **Основна.**

1. В.П. Дущенко, И.М. Кучерук. Общая физика. Київ “Вища школа”, 1987. –с. 305.
2. И.В. Савельев. Курс Общей Физики Том 1, -с. 512 с иллюс.; Том 2, -с. 432 с иллюс.; Том 3, -с. 528 с иллюс.. Изд. “Наука”, Москва, 1971.
3. І.Р. Зачек. І.М.Кравчук та ін. Курс фізики. Львів, Видавництво “Бескид біт”. –с.367.
4. Г.С. Ландсберг. Оптика. Издательство “Наука”, Москва, 1976. –с.926.
5. І.С. Горбань. Оптика. Київ, головне видавництво видавничого об'єднання “Вища школа”, 1979. –с.223.
6. В.Акоста, К.Кован, Б.Грэм. Основы современной физики. Москва “Просвещение”, 1981. –с.495.
7. Т.И. Трофимова. Оптика и атомная физика. «Высшая школа», Москва, 1999. –с.288.
8. Є.В. Коршак, Н.М. Коршак. Коливання і хвилі. Київ, “Вища школа”, 1978. –с.80.

#### **8.2.2. ДОДАТКОВА**

9. Б.М. Яворський, А.А. Детлаф. Справочник по физике. Изд. “Наука”, Москва, 1974.-с.944 с иллюс.
10. М.Борн, Э. Вольф. Основы оптики. М. Наука.1973. –с.507.
11. І.Р. Зачек. І.М.Кравчук та ін. Курс фізики. Львів, Видавництво “Бескид біт”. –с.367.
12. Венгер та ін. Курс Фізики. Львів, ЛНУ, 2002. –с.207.
13. І.Г. Богацька, Д.Б. Головка та ін. Загальні основи фізики у двох томах. (Електродинаміка та атомна фізика) за ред. Д.Б. Головка та ін. – Київ, Видавництво “Лебідь”, 1998.-с.24.
14. В.П. Дущенко, И.М. Кучерук. Общая физика. Київ “Вища школа”, 1987. –с. 305.
15. И.В. Савельев. Курс Общей Физики Том 1, -с. 512 с иллюс.; Том 2, -с. 432 с иллюс.; Том 3, -с. 528 с иллюс. Изд. “Наука”, Москва, 1971.
16. Н.В. Александров, А.Я. Яшкин. Курс Общей Физики. Москва, “Просвещение”, 1978. –с. 416.
17. П.П. Чолпан. Фізика. Київ “Вища школа”, 2003. –с. 567.
18. І.С. Горбань. Оптика. Київ, головне видавництво видавничого об'єднання “Вища школа”, 1979. –с.223.
19. Д.В. Сивухин. Общий курс физики, электричество. Москва, «Наука», 1983. –с.687.
20. Д.В. Сивухин. Общий курс физики, оптика. Москва, «Наука», 1980. –с.751.
21. Г.С. Ландсберг. Оптика. Издательство “Наука”, Москва, 1976. –с.926.

22. Е.И. Бутиков. Оптика. Издательство “Высшая школа”, 1986.
23. А.Н. Матвеев. Курс физики (5 томов). Москва “Наука”.
24. С.Г. Калашников. Курс физики. Москва “Наука”, 1977.
25. Е.М. Гершензон, Н.Н. Малов, А.Н. Мансуров, В.С. Эткин. Курс общей физики. Москва “Просвещение”, 1982. –с.907.
26. Н.М.Годжаев. Оптика. Москва “Высшая школа”, 1977. –с.431.
27. К. Шимони. Физическая Электроника. Москва “Энергия”, 1977. –с.607.
28. Р.Спроул. Современная физика. Москва “Наука”, 1974. –с.591.
29. В.Акоста, К.Кован, Б.Грэм. Основы современной физики. Москва “Просвещение”, 1981. –с.495.
30. С.И. Вавилов. Глаз и Солнце. Издательство “Наука”, 1981. –с.125.
31. ДЖ. Тригг. Решающие эксперименты в современной физике. Издательство “Мир”, Москва. 1974. –с.160.
32. К.А. Путилов. Курс Физики Том2, Москва 1954. –с.591.
33. К.А. Путилов и В.А.Фабрикант. Курс Физики, Том 3. Физматгиз, 1963. –с.634.
34. Р.Бишоп. Колебания. Москва “Наука”, 1979, -с.159.
35. Л.С.Жданов, В.А. Маранджян. Курс Физики, часть вторая. “Наука”, Москва, 1971. –с.607.
36. Е.Г. Орешенкова. Спектральный анализ. Москва “Высшая школа”, 1982. –с.375.
37. С.Э. Фриш. Оптические методы измерений, часть 1. Ленинград, 1976. –с.125.
38. К.И. Тарасов. Спектральные приборы. Ленинград, 1977. –с.367.
39. Б.М. Яворський, А.А. Детлаф, Л.Б. Милковська. Курс Физики, т.2. Видавництво “Вища школа”, Київ, 1972.
40. А.И. Ванюрихин, В.П.Герчановская. Оптико – электронные поляризационные устройства. Киев, «Техника», 1984. –с.159.
41. Я.Рабек. Экспериментальные методы в фотохимии и фотофизике, том 1. Москва “Мир”, 1985. –с.608.
42. Я.Рабек. Экспериментальные методы в фотохимии и фотофизике, том 1. Москва “Мир”, 1985. –с.1150.
43. А.Ю. Глауберман, Л.О. Манакин. Фізика атома та квантова механіка. “Вища школа”, Київ, 1972. –с.291.
44. В.В. Лебедев. Техніка оптической спектроскопии, издание второе. Москва, 1986. –с.350.
45. И.Е. Иродов. Основные законы электро-магнетизма. «Высшая школа», Москва, 1983.
46. А.Т. Филиппов. Многоликий солитон. Москва “Наука”, 1986. –с.222.
47. Є.В. Коршак, Н.М. Коршак. Коливання і хвилі. Київ, “Вища школа”, 1978. –с.80.
48. А.М. Борбат. Интересно об оптике. Київ, “Вища школа”, 1980. –с.95.
49. Т.И. Трофимова. Оптика и атомная физика. «Высшая школа», Москва, 1999. –с.288.
50. А.Е. Денисов. Геометрическая оптика. Киев, “Вища школа”, 1980. –с.128.
51. Д.А. Наумов. Изготовление оптики для любительских телескопов-рефлекторов и ее контроль. Москва “Наука”, 1988. –с.157.
52. С.М. Пастушенко. Формули і закони загальної фізики. Київ 2000. –с.95.
53. Г.М. Гайдучок, В.А. Лободюк, К.П. Рябошапка. Довідник з фізики. Київ “Радянська школа”, 1981.
54. Л.В. Тарасов, А.Н. Тарасова. Беседы о преломлении света. Москва «Наука», 1982. –с.175.
55. М.М. Сущинський. Комбинационное рассеяние света и строение вещества. Москва “Наука”, 1981. –с.182.
56. Р. Фейнман. КЭД странная теория света и вещества, Москва “Наука”, 1988. –с.143.
57. Э.Е. Струмбан. Новые профессии светового луча. Кишинев, 1983. –с.102.
58. В.В. Майер. Полное отражение света в простых опытах. Москва “Наука”, 1986. –с.128.
59. В.В. Майер. Простыи опыты по криволинейному распространению света. Москва “Наука”, 1984. –с.127.
60. И.Т. Разумовский. Оптика на военной службе. Москва, 1980. –с.95.
61. Н.Д. Жевандров. Поляризация света. Москва “Наука”, 1969. –с.191.
62. Н.Д. Жевандров. Анизотропия и оптика. Москва “Наука”, 1974. –с.166.
63. Н.Д. Жевандров. Применение поляризованого света. Москва “Наука”, 1978. –с.175.
64. Ю.П. Тимофеев, С.А. Фридман, М.В. Фок. Преобразование света. Москва “Наука”, 1985. –с.175.
65. М.М. Сущинський. Комбинационное рассеяние. Москва, 1978. –с.64.
66. М.М. Мушинський. Вынужденное рассеяние света. Москва “Наука”, 1985. –с.175.
67. В.М. Мальцев, В.А. Селезнев, В.А. Андреев. Оптическое излучение. Москва, 1979. –с.62.

68. Б.У. Барщевский. Квантовое-оптическое явление. Москва “Высшая школа”, 1982. –с.135.
69. С.Гонда, Д.Сэко. Оптоэлектроника. Ленинград, 1989. –с.181.
70. Л.Н. Мазалов. Рентгеновские спектры и химическая связь. Издательство “Наука”, Новосибирск, 1982. –с.109

### 8.2.3. ЗБІРНИКИ ЗАДАЧ З ФІЗИКИ.

1. А.М. Зайцева. Задачник практикум по общей физике. Издательство “Просвещение” Москва, 1972. –с 127.
2. Сборник задач по оптике и атомной физике, под редакцией А.Г. Граммакова. Ленинград, ЛГУ, 1973. –с.150.
3. Меледин Г.В. Физика в задачах. Москва, «Наука», 1989. –с.272.
4. В.М. Жихарев, С.Т. Ковач, В.М. Різак, І.М. Різак. Механіка у прикладах і задачах. Ужгород, Видавництво “Мистецька лінія”, 2004. –с. 270.
5. Е.М. Новодворская. Методика проведения упражнений по физике во втузе, издание 2-е, дополненное. Издательство “Высшая школа”, Москва, 1970. –с. 336.
6. Е.В. Фирганг. Руководство к решению задач по курсу общей физики. Москва “Высшая школа”, 1977. –с.351.
7. Д.И. Сахаров. Сборник задач по физике. Москва, “Просвещение”, 1973. –с. 289.
8. И.Е. Иродов, И.В.Савельев, О.И.Замша. Сборник задач по общей физике. Москва “Наука”, 1972. –с.255.
9. Е.И.Бутиков, А.А.Быков, А.С.Кондратьев. Физика в задачах. Ленинград, 1976. –с.160.
10. А.А. Горват, Ю.М. Височанський. Методика розв’язування задач. Ужгород, “Іва”, 2006. –с.156.
11. В.М.Бенца, І.П. Студеняк. Задачі з оптики. Ужгород 2005. –с.192.
12. Загальна фізика, збірник задач, за загальною редакцією І.Т. Горбачука. Київ “Вища школа”, 1993. –с.358.
13. П.Мясников, М.Осанова. Посібник з фізики для вступників до втузів. Видавництво “Вища школа”, Київ, 1969. –с.182.
14. Л.П.Баканіна. В.Є.Белонучкін, С.М.Козел. та ін.. Збірники задач з фізики. Видавництво “Вища школа”, Київ, 1970. –с.447.
15. С.У. Гончаренко. Конкурсні задачі з фізики. Видавництво “Техніка” Київ, 1970.-с.459.
16. Физика, методические указания и контрольные задания для студентов-заочников. Москва “Высшая школа”, 1983. –с.160.
17. Соколович Ю.А. Фізика: Довідник з прикладами розв’язання задач. – Х.: Веста: Видавництво “Ранок”, 2008.-464 с.
18. Гельфгат И.М., Генденштейн Л.Є., Кирик Л.А. 1001 Задача по физике с решениями. 1998, Харьков-Москва.

### ФІЗИЧНИЙ ПРАКТИКУМ (МЕТОДИКА ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ)

1. Різак В.М., Жихарев В.М., Ковач С.Т., Семак, Д.Г., Горват А.А.. Механіка, молекулярна фізика і термодинаміка. Ужгород 2002. –с.134.
2. Лабораторный практикум по физике, под редакцией А.С. Ахматова. Москва, «Высшая школа» 1980. –с. 360.
3. Фізичний практикум ч.1, за загальною редакцією професора В.П. Дуценка. Київ, Головне Видавництво, Видавниче об’єднання “Вища школа”, 1981. –с. 245.
4. А.В. Кортнев, Ю.В. Рублев, А.Н. Куценко. Практикум по физике, издание третье, дополненное и переработаное. Издательство “Высшая школа”, Москва, 1965. –с. 568.
5. Сирый Е.И. Общий физический практикум, ч.4. Оптика. «Вища школа» Київ, 1972. – с.164.
6. В.М.Бенца, І.П. Студеняк. Оптика. Фізпрактикум. Ужгород 2005. –с.192.

### 8.2.4. Інформаційні ресурси в мережі Інтернет

<http://physics.zfft.kpi.ua/mod/book/view.php?id=299&chapterid=50>

<https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/3578/1/12-13-136.pdf>

<http://ignatenko.sumdu.edu.ua/wp->

<content/uploads/%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F.pdf>

<https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=dXpobnUuZWR1LnVhfHZsYWRpbWlyLXpoaWhhcmV2fGd4OjM2NGU3ZDhlNjA2NjJiNGY>  
<https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=dXpobnUuZWR1LnVhfHZsYWRpbWlyLXpoaWhhcmV2fGd4OjdiMTQxMjlzZTgzYzE3YTM>  
<https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=dXpobnUuZWR1LnVhfHZsYWRpbWlyLXpoaWhhcmV2fGd4OjRmNDI3NjJhMWViMTNmNzU>  
[http://www.phys.univ.kiev.ua/exphys/Optics/2\\_5\\_V0321-05.pdf](http://www.phys.univ.kiev.ua/exphys/Optics/2_5_V0321-05.pdf)  
<https://www.youtube.com/watch?v=MzRCDLre1b4>

**ПЕРЕЛІК ЗАДАЧ ДЛЯ ПЕРШОГО МОДУЛЬНОГО КОНТРОЛЮ ТА  
ДРУГОГО МОДУЛЬНОГО КОНТРОЛЮ  
(3 семестр)**

**Тема 1. МЕХАНІЧНІ КОЛИВАННЯ. ДОДАВАННЯ КОЛИВАНЬ.**

Задача 1.1

Кожне конкретне вільне гармонічне коливання, яке описується рівнянням:

$$x(t) = A \cos(\omega_0 t + \alpha_0),$$

характеризується значенням амплітуди  $A$  і значенням початкової фази  $\alpha_0$ . Визначити ці параметри для даного рівняння коливань із початкових умов, тобто коли  $t = 0$ ,  $v = v_0$ .

Задача 1.2

Коливання вантажу на пружині масою  $m=1$  кг описується рівнянням  $y=0,1\sin\left(t+\frac{\pi}{2}\right)$ .

Визначити:

1. Амплітуду коливання ( $y_m$ );
2. Колову частоту ( $\omega$ );
3. Частоту ( $f$ );
4. Період ( $T$ );
5. Початкову фазу ( $\varphi_0$ );
6. Повну енергію ( $E$ );
7. Максимальну швидкість руху вантажу ( $v_m$ );
8. Коефіцієнт жорсткості пружини ( $k$ ).

Задача 1.3

Диференційне рівняння руху математичного маятника має вигляд:

$$\ddot{\alpha} + \frac{g}{l} \sin \alpha = 0, \quad (1)$$

Якщо  $\sin \alpha \approx \alpha$ , то період коливань  $T^*$  задається рівнянням:

$$T^* = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \left\{ 1 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 \sin^2 \frac{\alpha}{2} + \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{3}{4}\right)^2 \sin^4 \frac{\alpha}{2} + \dots \right\} \quad (2)$$

Якщо  $\sin \alpha \approx \alpha$ , то період коливань  $T$  виражається рівнянням:

$$T^* = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (3)$$

Визначити для яких кутів  $\alpha$  період  $T^*$  не перевищує період  $T$  в 1,01 раз.

Задача 1.4

Розрахувати і побудувати графіки зміни з часом кінетичної  $W_k(t)$  і потенціальної  $W_n(t)$  енергій для гармонічного коливання:  $x(t) = x_m \sin(\omega t + \alpha_0)$ , якщо  $\alpha_0 = 0$  при  $t_1 = 0$ ;  $t_2 = \frac{T}{4}$ ;  $t_3 = \frac{T}{2}$ ;  $t_4 = \frac{3T}{4}$ ;  $t_5 = T$ . Знайти повну енергію коливань  $W$ .

## Задача 1.5

Осцилограма затухаючих коливань має  $n=20$  коливань. Амплітуда першого коливання  $A_1=37$  мм і наступного  $A_2=27$  мм. Вважаючи, що час протягом якого відбуваються ці коливання дорівнює  $0,01$  [с], визначити:

1. Період ( $T$ ), частоту ( $f$ ) і колову частоту ( $\omega$ ) коливань.
2. Логарифмічний декремент затухання коливань ( $\Lambda$ ).
3. Коефіцієнт затухання коливань ( $\beta$ ).
4. Сталу часу ( $\tau_0$ ).
5. Коефіцієнт опору системи ( $r$ ).
6. Хвильовий (характеристичний) опір системи ( $\rho$ ).
7. Добротність системи ( $Q$ ).

## Задача 1.6

Вантаж  $m$ , що висить на пружині, розтягує її на величину  $x = x_1 - x_2 = 0,3$  м. Визначити:

1. Жорсткість пружини.
2. Роботу, виконану силою тяжіння під час розтягування пружини.
3. Максимальну швидкість, якої набуває тіло, що здійснює коливання, якщо зникне сила тяжіння.
4. Колову частоту, частоту і період коливань даного вантажу на пружині (один з варіантів цього завдання можна перевірити експериментально, зібравши демонстраційну установку).
5. Довжину нитяного (математичного) маятника, який матиме такий період коливань, як і даний вантаж на пружині (результат можна запропонувати перевірити експериментально).

## Задача 1.7

Амплітуда зміщення вимушених коливань тіла при маленькій частоті вимушуючої сили  $A_0=3$  мм, а при резонансі  $A_p=33$ . Коефіцієнт згасання набагато менший за одиницю. Визначити добротність системи, логарифмічний декремент згасання.

## Задача 1.8

Ареометр масою  $m=0,050$  кг з циліндричною трубкою радіусом  $R=0,3$  см плаває в розчині сірчаної кислоти і показує, що густина розчину  $\rho=1,27$  г/см<sup>3</sup>. Якщо змістити прилад по вертикалі на малу величину і відпустити, то він почне коливатися. Вважаючи коливання незгасаючими, визначити їх період  $T$ . Визначити залежність  $T(\rho)$  при  $\rho=1000; 1300; 1600; 1900$  кг/м<sup>3</sup>. Побудувати графік.

## Задача 1.9

Ареометр масою  $m=0,060$  кг з радіусом трубки  $R=0,3$  см заставляють коливатися в рідині густиною  $\rho=1,3$  г/см<sup>3</sup> по вертикалі, надаючи йому початкове невелике зміщення. За час  $t=30$  с ареометр здійснює 10 коливань. Визначити коефіцієнт опору  $r$  при коливанні ареометра і коефіцієнт згасання  $\beta$ , а також  $\Lambda$ ,  $N$ ,  $\tau$ ,  $Q$ . Рух рідини не враховувати.

## Тема 2. МЕХАНІЧНІ ПРУЖНІ ХВИЛІ. ЗВУК.

### Задача 2.1.

Між полюсами електромагніта натягнута струна довжиною  $l = 1\text{ м}$  і діаметром  $d = 1\text{ мм}$ . По струні пропускають змінний струм частотою  $f = 50\text{ Гц}$ . При натягненні струни силою  $F = 2,8\text{ Н}$  на ній встановлюється п'ять напівхвиль. Визначити густину ( $\rho$ ) матеріалу струни.

(Відповідь:  $\rho = 8,9 \cdot 10^3\text{ кг/м}^3$ ).

### Задача 2.2.

Два катери рухаються на зустріч один одному. З першого катера, який рухається із швидкістю  $v_1 = 10\text{ м/сек}$ , подається ультразвуковий сигнал частотою  $f_1 = 50\text{ кГц}$ , який поширюється у воді. Сигнал, після відбивання від другого катера, був прийнятий на першому катері з частотою  $f_3 = 52\text{ кГц}$ . Визначити швидкість руху  $v_2$  другого катера. Побудувати графік залежності  $f_3$  від  $v_2$ .

(Відповідь:  $v_2 = 19,5\text{ м/сек}$ ).

### Задача 2.3.

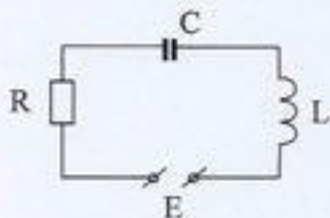
Підводний човен, рухаючись із швидкістю  $v = 15\text{ м/сек}$ , посилає ультразвуковий сигнал частотою  $f = 40\text{ кГц}$  по напрямку руху. Сигнал, відбившись у воді від нерухомого бар'єру, повертається до човна. Визначити різницю частот ( $\Delta f$ ) прийнятого і посланого сигналу.

(Відповідь:  $\Delta f = 0,836\text{ кГц}$ ).

## Тема 3. ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ КОЛИВАННЯ ТА ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ХВИЛІ. СВІТЛО.

### Задача 3.1.

В колі, яке складається із послідовно з'єднаних резистора опором  $R = 20\text{ Ом}$ , котушки індуктивністю  $L = 1,0\text{ мГн}$  і конденсатора ємністю  $C = 0,10\text{ мкФ}$ , діє синусоїдальна електрорушійна сила ( $E$ ) (див. мал.). Визначити циклічну частоту ( $\omega$ ) електрорушійної сили, при якій в колі наступить резонанс; резонансне значення струму ( $I_p$ ); знайти дійсні значення напруг ( $U_R$ ), ( $U_L$ ), ( $U_C$ ) на всіх елементах кола, якщо діюче значення електрорушійної сили  $E_d = 30\text{ В}$ .



(Відповідь:  $\omega_p = 1,0 \cdot 10^5\text{ рад/с}$ ;  $I_p = 1,5\text{ А}$ ;  $U_R = 30\text{ В}$ ;  $U_L = 150\text{ В}$ ;  $U_C = 150\text{ В}$ ).

### Задача 3.2.

Довести, що для струму вільних коливань індуктивний опір котушки ( $R_L$ ), чи ємнісний опір конденсатора ( $R_C$ ) дорівнює характеристичному опору контуру ( $\rho$ ).

### Задача 3.3.

Коливальний контур складається із конденсатора ємністю  $C=5,0$  мкФ і котушки індуктивністю  $L=0,200$  Гн. Визначити максимальний струм в контурі ( $I_{max}$ ), якщо максимальна різниця потенціалів на обкладках конденсатора  $U_{max}=90$  В. Активним опором контуру ( $R$ ) знехтувати.

(Відповідь:  $I_{max}=0,45$  А).

### Задача 3.4.

Маємо послідовно з'єднані резистор опором  $R=3,9$  кОм і конденсатор ємністю  $C=0,25$  мкФ. Визначити вказані нижче параметри цієї ділянки кола при струмі промислової частоти ( $f=50$  Гц):

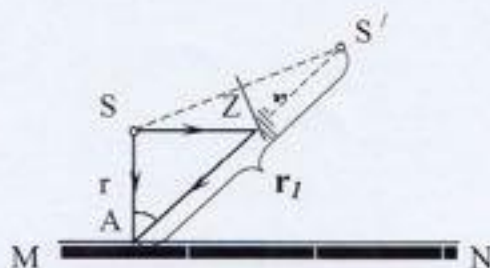
1. Ємнісний опір кола ( $R_C$ );
2. Повний (комплексний) опір ( $Z$ );
3. Коефіцієнт потужності ( $\cos \varphi$ );
4. Зсув фаз ( $\varphi$ ) між силою струму і напругою;
5. Якої індуктивності ( $L$ ) котушку треба приєднати послідовно з резистором ( $R$ ) і конденсатором ( $C$ ), щоб в колі спостерігався резонанс?

(Відповідь:  $L=40$  Гн).

## Тема 4. ФОТОМЕТРИЯ.

### Задача 5.1.

Точкове джерело світла  $S$  освітлює горизонтальну поверхню  $MN$  (див. малюнок). Як зміниться освітленість в точці  $A$ , яка знаходиться під джерелом світла, якщо з боку від джерела ( $S$ ) на такій самій відстані як і освітлювана поверхня, розмістити плоске дзеркало ( $Z$ ), яке відбиває світло в точку  $A$ .



(Відповідь:  $E=1,12 E_0$ )

### Задача 5.2.

Опівдні в час весняного і осіннього рівнодення Сонце стоїть на екваторі в зеніті. У скільки разів у цей час освітленість поверхні Землі на екваторі більша освітленості Землі в Києві, який лежить на широті  $50^\circ$ .

(Відповідь:  $E_E/E_K=1,56$ ).

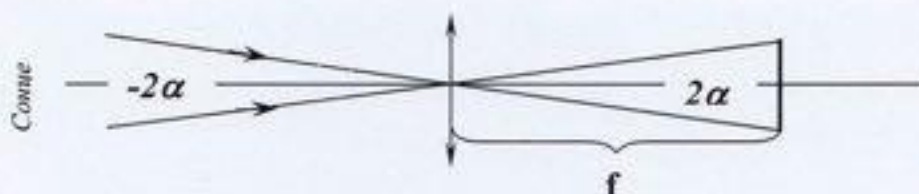
## Задача 5.3.

Лампа, підвішена на нитці до стелі, дає в горизонтальному напрямку силу світла  $I=60$  кд. Який потік світла  $\Phi$  падає на картину площею  $0,5 \text{ м}^2$ , що висить на вертикальній стіні на віддалі  $4 \text{ м}$  від лампи, якщо на протилежній стіні висить велике дзеркало на відстані  $2 \text{ м}$  від лампи. Побудувати графік залежності світлового потоку ( $\Phi$ ), який падає на картину від відстані  $l$ , яка визначає відстань від джерела до дзеркала  $\Phi(l)$ ?  $l=0,1 \text{ м}, 0,5 \text{ м}, 1 \text{ м}, 1,5 \text{ м}, 2 \text{ м}, 2,5 \text{ м}$ .

(Відповідь:  $\Phi=2,34 \text{ лм}$ ).

## Задача 5.4.

Тонка збиральна лінза з фокусною віддаллю  $f=15 \text{ см}$  і діаметром  $D=5 \text{ см}$  дає зображення Сонця на екрані, який розміщений нормально до сонячних променів (див. малюнок). Нехтуючи втрати світла в лінзі, знайти середню освітленість зображення, якщо яскравість Сонця  $B_C=1,5 \cdot 10^9 \text{ кд/м}^2$ . Врахувати, що  $r_C/R=\alpha$ , де  $r_C$  – радіус сонячної поверхні,  $R$  – відстань від Землі до Сонця.



(Відповідь:  $E_{\text{ср}}=1,3 \cdot 10^8 \text{ лк}$ ).

## Тема 5. ГЕОМЕТРИЧНА (ПРОМЕНЕВА) ОПТИКА.

## Задача 4.1

За допомогою вгнутого сферичного дзеркала потрібно одержати дійсне в два рази збільшене ( $k=2$ ) зображення предмета. Розрахувати на якій відстані ( $q$ ) від дзеркала потрібно поставити предмет і на якій відстані ( $b$ ) від дзеркала буде зображення, якщо радіус кривизни дзеркала  $R=60 \text{ см}$ . Відповідь перевірити за допомогою рисунка, який відповідає умові задачі.

(Відповідь:  $q=45 \text{ см}; b=90 \text{ см}$ )

## Задача 4.2

На якій відстані від обличчя потрібно тримати вгнуте сферичне дзеркало з фокусною віддаллю  $f=30 \text{ см}$  для того, щоб одержати збільшене у 5 разів ( $k=5$ ) зображення обличчя? Виконати відповідний рисунок.

(Відповідь:  $q=24 \text{ см}$ ).

## Задача 4.3

На скляну плоскопаралельну пластинку товщиною  $h=2 \text{ см}$  падає промінь світла під кутом  $\alpha=45^\circ$ . Показник заломлення скла  $n_{\text{скла}}=1,5$ . Показати, що промінь, який пройшов через пластинку, паралельний падаючому променю. Знайти віддаль між цими променями. Виконати малюнок.

(Відповідь:  $d \approx 0,7$  см).

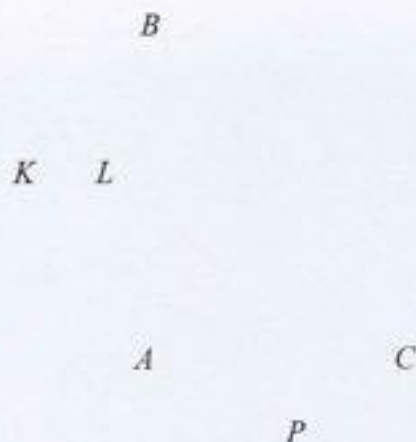
#### Задача 4.4

Заломлюючий кут рівнобедреної призми дорівнює  $15^\circ$ . Монохроматичний промінь світла падає на бічну грань під кутом  $10^\circ$ . Знайти кут відхилення променя від початкового напрямку, якщо показник заломлення матеріалу призми для цього променя дорівнює 1,8.

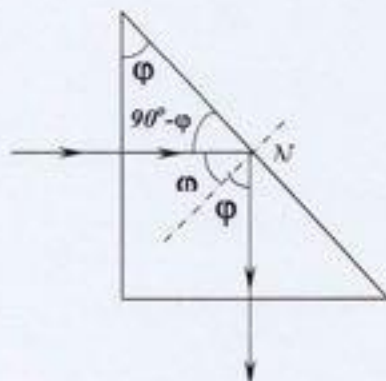
(Відповідь:  $\angle \theta = 12^\circ 18'$ ).

#### Задача 4.5

На прямокутну рівнобедрену скляну призму  $ABC$ , показник заломлення якої  $n=1,6$ , перпендикулярно до поверхні  $AB$  (див. рисунок) падає промінь світла  $KL$ . Розрахувати, чи відбудеться на грані призми  $BC$  повне внутрішнє відбивання променя. Який найменший заломлюючий кут повинна мати призма, щоб відбулося явище повного внутрішнього відбивання променя  $KL$ ?



(Відповідь:  $\angle ABC = 38^\circ 42'$ ).



## Тема 6. ІНТЕРФЕРЕНЦІЯ СВІТЛА.

## Задача 6.1

На скляну плоскопаралельну пластинку з показником заломлення  $n = 1,5$  падає світло з довжиною хвилі  $\lambda_0 = 6 \cdot 10^{-7}$  м із ступенем монохроматичності  $\Delta\lambda = 5 \cdot 10^{-10}$  м під кутом падіння  $i = 45^\circ$ . При якій максимальній товщині пластинки інтерференційна картина у відбитому світлі буде ще спостерігатись чіткою?

(Відповідь:  $h_{max} = 0,27$  мм).

## Задача 6.2

Плосковипукла скляна лінза, випуклою поверхнею встановлена впритул на скляну плоскопаралельну пластинку. Радіус кривизни випуклої поверхні лінзи  $R$ , довжина хвилі світла  $\lambda$ . Знайти ширину  $\Delta r$  кільця Ньютона в залежності від його радіусу в області, де  $\Delta r \ll r$ .

(Відповідь:  $\Delta r = r_{kT} - r_{kC} \approx \frac{R\lambda}{4r}$ ).

## Задача 6.3

У досліді Юнга щілину  $B$  освітлюють монохроматичним світлом з частотою  $\nu = 6 \cdot 10^{14}$  с<sup>-1</sup>. Визначити три перших кути, під якими спостерігаються інтерференційні максимуми, якщо відстань між щілинами  $C$  і  $D$  дорівнює 0,09 мм. Щілини  $C$  і  $D$  розташовані симетрично відносно лінії  $BA$ .

(Відповідь:  $k=0$ ,  $\text{tg}\varphi_0=0$ ,  $\varphi_0=0$ ;  $k=1$ ,  $\text{tg}\varphi_1 = \frac{\lambda}{d}$ ,  $\varphi_1 = 0,0055$  рад;

$k=2$ ,  $\text{tg}\varphi_2 = 2\frac{\lambda}{d}$ ,  $\varphi_2 = 0,011$  рад).

## Тема 7. ДИФРАКЦІЯ СВІТЛА.

### Задача 7.1

Між точковим джерелом світла (довжина хвилі  $\lambda=0,5$  мкм) і екраном розмістили діафрагму з круглим отвором радіусом  $r=1$  мм. Відстані від діафрагми до джерела та екрану відповідно рівні  $R=1$  м,  $r_0=2$  м. Як зміниться освітленість екрану в точці  $P$ , яка лежить навпроти центра отвору діафрагми, якщо діафрагму забрати?

(Відповідь: зменшиться в чотири рази).

### Задача 7.2

На щілину падає нормально паралельний пучок монохроматичного світла. Розміщена за щілиною лінза з фокусною відстанню  $f=2$  м, проектує на екран дифракційну картину у вигляді світлих і темних смуг, що чергуються. Ширина центральної світлої смуги  $b=5$  см. Як потрібно змінити ширину щілини, щоб центральна смуга на екрані займала весь екран при будь-якій ширині екрану?

(Відповідь:  $a_2 = a_1 \frac{b}{2f} = \frac{a_1}{80}$ )

### Задача 7.3

Визначити довжину хвилі монохроматичного світла, що падає нормально на дифракційну решітку з періодом  $d=(a+b)=2,2$  мкм, якщо кут між максимумами першого і другого порядків спектра  $\Delta\varphi=15^\circ$ .

(Відповідь:  $\lambda=0,54$  мкм).

### Задача 7.4

При якому мінімальному числі штрихів дифракційної решітки  $N$ , якщо  $d=(a+b)=2,9$  мкм, можна розділити компоненти дублету жовтої лінії натрію, довжини хвиль яких складають:  $\lambda_1=5890$  А°,  $\lambda_2=5896$  А°.

(Відповідь:  $N_{min} = \frac{\lambda_1}{4(\lambda_1 - \lambda_2)} = 2,5 \cdot 10^2$ ).

## Тема 8. ПОЛЯРИЗАЦІЯ СВІТЛА.

### Задача 8.1

Вивести закон Брюстера за допомогою формул Френеля:

$$I_{\perp} = I_{\perp} \frac{\sin^2(i-r)}{\sin(i+r)}, \quad I_{\parallel} = I_{\parallel} \frac{\operatorname{tg}^2(i-r)}{\operatorname{tg}(i+r)}$$

### Задача 8.2

Природне світло падає під кутом Брюстера на поверхню скла показник заломлення якого  $n=1,6$ . Визначити коефіцієнт відбивання  $R$ .

(Відповідь:  $R=0,10$  або 10%).

### Задача 8.3

Визначити за допомогою формул Френеля:

$$I_{\perp} = I_{\perp} \frac{\sin^2(i-r)}{\sin(i+r)}, \quad I_{\parallel} = I_{\parallel} \frac{\operatorname{tg}^2(i-r)}{\operatorname{tg}(i+r)}$$

коефіцієнт відбивання природного світла при нормальному падінні на поверхню скла показник заломлення якого  $n=1,50$ .

(Відповідь:  $R=0,04$  або 4%).

### Задача 8.4

Пучок природного світла падає на поліровану поверхню скляної пластинки, яка занурена в рідину. Відбитий від пластинки пучок світла утворює кут  $\varphi=97^\circ$  з падаючим пучком (див. малюнок 34). Визначити показник заломлення рідини  $n_1$ , якщо відбите світло максимально поляризоване.

(Відповідь:  $n_1=1,33$ ).

### Задача 8.5

Два ніколя  $N_1$  і  $N_2$  розміщені так, що кут між їхніми площинами пропускання світла складає  $\alpha = 60^\circ$ . Визначити в скільки разів зменшиться інтенсивність природного світла  $I_0$ :

1. При проходженні через один ніколь  $N_1$ ;
2. При проходженні через обидва ніколя.

Коефіцієнт поглинання світла в ніколі  $k=0,05$ . Втрати на відбивання світла не враховувати.

## Тема 9. ДИСПЕРСІЯ І АБСОРБЦІЯ СВІТЛА.

### Тема 10. ТЕПЛОВЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ. ЗАКОНИ ТЕПЛООВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ.

#### Задача 10.1 (26–1, Фірганг)

Енергетична піч споживає потужність  $P=500$  Вт. Температура її внутрішньої поверхні при відкритому невеликому отворі діаметром  $d=5,0$  см рівна  $700$  °С.

Завдання 1. Яка частина споживаної потужності розсіюється стінками?

#### Задача 10.2 (26–2, Фірганг)

Вольфрамова нитка розжарюється у вакуумі струмом силою  $I_1=1,000$  А до температури  $T_1=1000$  К. При якій силі струму нитка розжариться до  $T_2=3000$  К? Коефіцієнт випромінювання вольфраму і його питомий опір, що відповідають температурам  $T_1$  та  $T_2$ , рівні.  $A_{T1}=0,115$ ;  $A_{T2}=0,334$ ;  $\rho_{T1}=25,7 \cdot 10^{-8}$  Ом·м;  $\rho_{T2}=96,2 \cdot 10^{-8}$  Ом·м.

#### Задача 10.3 (26–3, Фірганг)

В спектрі Сонця максимум спектральної густини енергетичної світності припадає на довжину хвилі  $\lambda_0=0,47$  мкм. Нехай Сонце випромінює як абсолютно чорне тіло, знайти інтенсивність сонячної радіації (густину потоку випромінювання) поблизу Землі за межами її атмосфери.

#### Задача 10.4 (26–4 Фірганг)

Використовуючи результат, одержаний в задачі №3, визначити температуру, що встановиться в тонкій пластинці (до якої нагрівається тонка пластинка), яка розміщена поблизу Землі за межами її атмосфери перпендикулярно променям Сонця. Вважати температуру пластинки однаковою у всіх її точках. Розглянути два випадки, вважаючи пластинку тілом: 1) абсолютно чорним; 2) сірим.

#### Задача 10.5 (26–5 Фірганг)

Виходячи із співвідношень:

$$r_{v,T} = \frac{dR_e}{dv} \quad (1)$$

де

$$R_e = \int_0^{\infty} r_{v,T} dv \quad (2)$$

та

$$r_{\lambda,T} = \frac{dR_e}{d\lambda} \quad (3)$$

знайти співвідношення між величинами  $r_{\lambda,T}$  та  $r_{v,T}$ , які характеризують спектральну густину енергетичної світності тіла. Записати формулу Планка для величини  $r_{\lambda,T}$ .

#### Задача 10.6 (26–6 Фірганг)

Визначити за допомогою формули Планка енергетичну світність  $\Delta R_e$  абсолютно чорного тіла, яка приходить на вузьку ділянку довжин хвиль  $\Delta\lambda=10\text{Å}$ , яка відповідає максимуму спектральної густини енергетичної світності при температурі тіла  $T=3000\text{К}$ .

## Задача 10.7 (Продов № 5.247)

Дано два абсолютно чорних джерела електромагнітного випромінювання. Температура першого джерела  $T_1 = 2700$  К. Знайти температуру другого джерела  $T_2$ , якщо довжина хвилі, яку випромінює друге джерело, відповідає максимуму його випромінювальної здатності і є на 0,4 мкм більша від довжини хвилі, яку випромінює перше джерело. Постійна величина Закону Віна рівна  $C_1 = 2.9 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К}$ . Обчислити довжини хвиль першого і другого джерела, і встановити чи буде бачити їх людське око.

## Задача 10.8 (Т.Ю.)

Обчислити температури  $T_1$  і  $T_2$  для максимуму електромагнітного випромінювання світла абсолютно чорного тіла, для довжин хвиль  $\lambda_1 = 0.38 \text{ мкм}$  та  $\lambda_2 = 0.76 \text{ мкм}$ . Визначити відсоток потужності випромінювання, який припадає на максимум електромагнітного випромінювання  $\lambda_1 = 0.38 \text{ мкм}$  та  $\lambda_2 = 0.76 \text{ мкм}$ . Постійні величини для першого і другого Закону Віна брати рівними:  $C_1 = 2.9 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К}$  та  $C_2 = 1.30 \cdot 10^{-5} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3 \cdot \text{К}^5}$ . Постійна в Законі Стефана - Больцмана  $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}^4}$ .

## Задача 10.9 (Волькенштейн В.С.)

Обчислити, яку потужність треба підводити до чорної металевої кульки радіусом  $r = 2 \text{ см}$ , щоб підтримувати його температуру на 27 К вище температури навколишнього середовища, яка рівна 20 градусів Цельсія. Вважати, що тепло кульки шарика витрачається тільки на електромагнітне випромінювання. Постійна в Законі Стефана-Больцмана  $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}^4}$ .

**Тема.11. ФОТОЕЛЕКТРИЧНИЙ ЕФЕКТ.**

## Задача 11.1 (Бушок Венгер)

Обчислити червону межу фотоефекту для цезію, якщо при опроміненні його фіолетовим світлом довжиною хвилі 400 нм, максимальна швидкість вибитих фотоелектронів дорівнює  $0.65 \cdot 10^6 \text{ м/с}$ .

## Задача 11.2 (Бенца)

Світловий потік, який складається з  $N = 5 \cdot 10^4$  фотонів світла, які мають енергію, що відповідає довжині хвилі  $\lambda = 300 \text{ нм}$  падає на фоточутливий шар з чутливістю  $j = 4.5 \frac{\mu\text{А}}{\text{Вт}}$ . Знайти кількість фотоелектронів, які вивільняються таким імпульсом світла.

## Задача 11.3 (Бенца)

Поверхня металу освітлюється світлом з довжиною хвилі  $\lambda = 350 \text{ нм}$ . При деякому затримуючому потенціалі фотострум стає рівним нулю. При зміні хвилі на 50 нм, затримуючу різницю потенціалів треба збільшити на 0,59 В. Визначити заряд електрона. Стала Планка  $h = 6.62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$ . Швидкість світла у вакуумі приблизно рівна  $C = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ .

## Задача 11.4

Визначити швидкість, з якою повинен рухатися електрон, щоб його кінетична енергія була рівна енергії фотона з довжиною хвилі дорівнює 5000 А°. Швидкість світла у вакуумі  $C = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ . Стала Планка  $h = 6.62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$ . Маса спокою електрона  $m_e = 9.1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$ .

## Задача 11.5 (Продов)

Точкове ізотропне джерело випромінює світло з довжиною хвилі  $\lambda = 589 \text{ н.м.}$  Світлова потужність джерела  $P = 10 \text{ Вт.}$  Знайти:

- 1) середню густину потоку фотонів на відстані  $r = 2 \text{ см}$  від джерела.
- 2) Відстань від джерела до точки, де середня концентрація фотонів  $n = 100 \text{ см}^{-3}$ .

Стала Планка  $h = 6.62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}.$

#### Задача 11.6 (Римкевич)

При освітленні металевої пластинки монохроматичним світлом, затримуюча різниця потенціалів рівна  $1,6 \text{ В.}$  Якщо збільшити частоту світла у два рази, то затримуюча різниця потенціалів рівна  $5,1 \text{ В.}$  Визначити червону межу фотоефекту. Стала Планка  $h = 6.62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}.$  Швидкість світла у вакуумі  $C = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}.$  Заряд електрона  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}.$

#### Задача 11.7 (20.1)

Лазер у безперервному режимі випромінює світло з довжиною хвилі  $\lambda = 6000 \text{ А}^\circ$  при потужності  $40 \text{ міліват.}$  Скільки фотонів лазер випромінює за  $1 \text{ сек?}$  Стала Планка  $h = 6.62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}.$  Швидкість світла у вакуумі приблизно рівна  $C = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}.$

#### Задача 11.8 (20.2)

На металеву пластинку падає монохроматичний пучок світла з частотою  $\nu = 7.3 \cdot 10^{14} \text{ Hz}.$  Червона межа для зовнішнього фотоелектричного ефекту, для даного матеріалу дорівнює довжині хвилі  $\lambda = 5600 \text{ А}^\circ.$  Визначити максимальну швидкість вибитих фотоелектронів. Стала Планка  $h = 6.62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}.$  Швидкість світла у вакуумі приблизно рівна  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}.$  Маса спокою електрона  $m_e = 9.1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}.$

#### Задача 11.9 (20.3)

Фотон з енергією  $10 \text{ еВ,}$  падає на срібну пластинку і викликає зовнішній фотоефект. Визначити імпульс ( $p$ ), отриманий пластинкою, вважаючи, що напрями руху фотона і фотоелектрона лежать на одній прямій, перпендикулярній до поверхні пластинки.

## Тема 12. ЯВИЩЕ КОМПТОНА. РЕНТГЕНІВСЬКЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ. ЛЮМІНЕСЦЕНЦІЯ.

#### Задача 12.1 (Т.Ю.)

Розрахувати межу Дьюена-Ханта для рентгенівського випромінювання з рентгенівської трубки, до якої прикладена напруга  $10 \text{ кеВ.}$  Стала Планка  $h = 6.62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}.$  Заряд електрона  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}.$

#### Задача 12.2 (Т.Ю.)

Обчислити масу падаючого і розсіяного рентгенівського фотона в явищі Комптона. Довжина хвилі фотона до розсіювання дорівнює  $\lambda_0 = 0,5 \text{ А}^\circ.$  Кут розсіювання  $\varphi = 180^\circ.$  Стала Планка  $h = 6.62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}.$  Швидкість світла у вакуумі  $C = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}.$  Маса спокою електрона  $m_e = 9.1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}.$

#### Задача 12.3 (Бенца)

Тиск монохроматичного світла на поверхню, розміщену перпендикулярно до падаючого світла, дорівнює  $0,2 \text{ мкПа.}$  Коефіцієнт відбивання поверхні  $R=0,3.$  Довжина хвилі падаючого монохроматичного світла  $\lambda = 500 \text{ н.м.}$  Обчислити число фотонів, які падають щосекунди на одиницю площі цієї поверхні.

#### Задача 12.4 (Чертов)

Визначити концентрацію фотонів поблизу поверхні, якщо довжина хвилі світла, яке падає на поверхню  $\lambda = 5000 \text{ \AA}$ , світло тисне на поверхню величиною  $P = 5 \text{ мПа}$ . Коефіцієнт відбивання світла поверхнею  $R = 1$ . Стала Планка  $h = 6.62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$ . Швидкість світла у вакуумі  $C = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ .

### Тема 13. МОДЕЛЬ АТОМА. ДОСЛІДИ ТА ТЕОРІЯ РЕЗЕРФОРДА З РОЗСПОВАННЯ АЛЬФА ЧАСТИНОК.

#### Тема 14. ПЛАНЕТАРНА МОДЕЛЬ АТОМА ВОДНЮ. ЛІНІЙЧАТІ СПЕКТРИ. ТЕОРІЯ БОРА.

##### Задача 14.1 (Т.Ю.)

Для моделі атома водню Бора, обчислити радіус та швидкість електрона на першій орбіті в атомі водню, і записати рівняння залежності швидкості електрона від номера орбіти. Маса спокою електрона  $m_e = 9.1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$ . Стала Планка  $h = 6.62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$ . Діелектрична проникність вакууму  $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$ . Заряд електрона  $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ .

##### Задача 14.2 (Т.Ю.)

Для атома водню, використовуючи рівняння, яке описує повну енергію електрона на орбіті, та постулати Бора, обчислити постійну Рідберга  $R [\text{м}^{-1}]$  та  $R' [\text{с}^{-1}]$  у формулі Бальмера. Маса спокою електрона  $m_e = 9.1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$ . Заряд електрона  $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ . Стала Планка  $h = 6.62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$ . Діелектрична проникність вакууму  $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$ .

##### Задача 14.2 (Т.Ю.)

Згідно узагальненої формули Бальмера, обчислити довжини хвиль серії Лаймана в цілих значеннях Ангстрема та довжину хвилі серії Лаймана. Для знайдених довжин хвиль обчислити енергію квантів світла в електронвольтах. Постійна Рідберга  $R = 1.097 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$ . Стала Планка  $h = 6.62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$ .

##### Задача 14.3 (Т.Ю.)

Згідно узагальненої формули Бальмера, обчислити довжини хвиль серії Бальмера в цілих значеннях Ангстрема та довжину хвилі серії Бальмера. Для знайдених довжин хвиль обчислити енергію квантів світла в електронвольтах. Постійна Рідберга  $R = 3.29 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$ . Стала Планка  $h = 6.62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$ .

### Тема 15. ХВИЛЬОВІ ВЛАСТИВОСТІ ЧАСТИНКИ (РЕЧОВИНИ).

#### Тема 16. АТОМИ, МОЛЕКУЛИ, ТВЕРДІ ТІЛА.

##### Задача 16.1 (Т.Ю.)

Головне квантове число  $n = 4$ . Знайти і записати інші квантові числа та скільки електронів розміщується на орбіталах.

### Тема 17. АТОМНЕ ЯДРО ТА ЕЛЕМЕНТАРНІ ЧАСТИНКИ.