

Завдання 1. Визначення вмісту «чорної скриньки».

(Визначити, яка схема знаходиться всередині і номінали її елементів).

Мета роботи: ознайомитись з поведінкою активних і реактивних опорів у колі змінного струму.

Прилади: «чорна скринька», генератор сигналів ГЗ-34, дві лампочки розжарення.

Змінний струм, проходячи крізь резистори, конденсатори і котушки індуктивності створює падіння напруги на них. Між амплітудними значеннями струму і напруги є наступні співвідношення:

$$U_R = RI_R, U_C = \frac{1}{\omega C} I_C, U_L = \omega L I_L.$$

Однак не слід забувати і про наступні фазові співвідношення: для резистора коливання струму і напруги мають однакову фазу, для конденсатора коливання струму випереджають по фазі коливання напруги на 90° , а для котушки індуктивності коливання струму відстають по фазі від коливань напруги на 90° .

Розглянемо електричне коло, що складається з послідовно з'єднаних активного і реактивного опорів і джерела, електрорушійна сила якого змінюється за гармонічним законом. Амплітуда спаду напруги на реактивному опорі визначається частотою коливань ω , а також величинами опорів C та R чи L . Якщо позначити амплітуду напруги, що подається на вхід схеми U_0 , то спад напруги на ємності $U_C(\omega) = \frac{U_0}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}} \frac{1}{\omega C}$

Амплітудне значення спаду напруги на індуктивності

$$U_L(\omega) = \frac{U_0}{\sqrt{(R+r)^2 + (\omega L)^2}} \sqrt{r^2 + (\omega L)^2},$$

де r – активний опір котушки індуктивності.

При паралельному з'єднанні напруга на елементах однакова, а струми додаються аналогічним чином.

В даній роботі використовуються лампочки розжарення як індикатори величини змінного струму. Яскравість світіння пропорційна середньому значенню модуля змінного струму $I_{\text{ср}} = 2/\pi I_0$, де I_0 – амплітуда струму.

Завдання та обробка результатів вимірювань.

1. Зібрати схему, виконати необхідні вимірювання.
2. Визначити схему, що знаходиться всередині «чорної скриньки», розрахувати номінали її елементів.

Вказівки:

3. В даній роботі похибки розраховувати не потрібно, просто постарайтесь визначити номінали елементів якнайточніше.
4. Для кращого розуміння поведінки реактивних елементів у колі змінного струму можна виконати модельні досліди з відомими елементами.

Завдання 2. Визначення вмісту «чорної скриньки».

(Визначити, яка елемент знаходиться всередині і номінал елементу).

Мета роботи: ознайомитись з поведінкою елементу у колі постійного струму.

Прилади: «чорна скринька», регульоване джерело постійного струму, зовнішній елемент у вигляді активного опору відомої величини, цифровий вольтметр.

Завдання та обробка результатів вимірювань.

1. Зібрати схему, виконати необхідні вимірювання.
2. Визначити елемент, що знаходиться всередині «чорної скриньки», розрахувати його номінал.

Вказівки:

3. В даній роботі похибки розраховувати не потрібно, просто постарайтесь визначити номінали елементів якнайточніше.

Завдання 3. ВИЗНАЧЕННЯ ФОКУСНОЇ ВІДСТАНІ ЗБІРНОЇ І РОЗСІЮЮЧОЇ ЛІНЗ.

Мета роботи: ознайомитись з деякими методами визначення фокусних віддалей лінз, визначити фокусні віддалі збірної та розсіюючої лінз.

Прилади: оптична лава з набором рейтерів, збірна лінза, розсіююча лінза, освітлювач, екран, лінійка.

Пряма, що проходить через центри сферичних поверхонь лінзи, називається її головною оптичною віссю. Відстань між вершинами поверхонь лінзи є її товщиною. Лінзи, товщина яких досить мала в порівнянні з радіусами кривини їх поверхонь, називаються тонкими лінзами. Для товстих лінз ця умова не виконується.

Лінзу можна розглянути як систему двох заломлюючих поверхонь. Система, в якій зберігається гомоцентричність пучків і зображення виявляється строго геометричне подібним предмету, називається ідеальною оптичною системою. Як показує теорія, зображення предметів за допомогою ідеальної оптичної системи може бути побудоване без докладного дослідження ходу променів всередині систем. Для цього потрібно лише знати фокусну відстань і положення головних площин.

Головними площинами ідеальної оптичної системи називаються спряжені площини, лінійне збільшення для яких дорівнює $\beta = +1$. У тонкій лінзі головні площини співпадають, і їх перетин з оптичною віссю дає оптичний центр. Головні площини лінзи в залежності від форми лінзи можуть знаходитись як всередині лінзи, так і зовні.

Промені, паралельні головній оптичній осі, заломлюючись у збірній лінзі, перетинаються в точці, що лежить на оптичній осі і називається головним фокусом лінзи. Існує передній головний фокус F і задній головний фокус F' . Відстані від головних площин до головних фокусів називаються фокусними відстанями. Згідно з правилом знаків для збірної лінзи $f < 0$, $f' > 0$, для розсіюючої – $f > 0$, $f' < 0$. Величина, обернена фокусній відстані лінзи, називається оптичною силою лінзи. Одиницею виміру оптичної сили лінзи є діоптрія (дптр). Оптичну силу в одну діоптрію має лінза, фокусна відстань якої дорівнює одному метру.

Оптична сила товстої лінзи може бути розрахована за формулою:

$$\Phi = \frac{1}{f'} = (n-1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) + \frac{d(n-1)^2}{n \cdot R_1 R_2}, \quad (1)$$

де f' – задня фокусна відстань лінзи, R_1 та R_2 – радіуси кривини заломлюючих поверхонь, n – показник заломлення матеріалу лінзи, d – товщина лінзи.

Відстані від головних площин до спряжених точок S та S' зв'язані формулою Гаусса:

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{S'} - \frac{1}{S}. \quad (2)$$

При користуванні формулами (1) та (2) слід враховувати в кожній конкретній задачі знаки величин f' , f , R_1 , R_2 , S , S' згідно з діючим у геометричній оптиці правилом знаків. Формула (2) виконується як для товстої, так і для тонкої лінзи.

Визначення фокусної відстані тонкої збірної лінзи методом Бесселя.

При визначенні фокусної віддалі збірної тонкої лінзи найпростіше було б застосовувати формулу (2). Але оскільки положення оптичного центра лінзи не завжди легко визначити, значення f' знаходять, користуючись методом переміщення лінзи (методом Бесселя).

Якщо закріпити предмет (джерело світла) і екран на відстані L ($L > 4f$), то пересуваючи між ними лінзу, можна знайти два таких її положення, при яких на екрані утворюється чітке зображення, в одному положенні збільшене (рис. 1а), а в другому – зменшене (рис. 1б). При цьому положення лінзи будуть симетричні відносно точки A , що лежить на середині відрізка між предметом і екраном.

Цей спосіб зручний тим, що експериментально вимірюються лише переміщення тонкої лінзи l та відстань L між двома спряженими площинами, в яких розташовані предмет і екран.

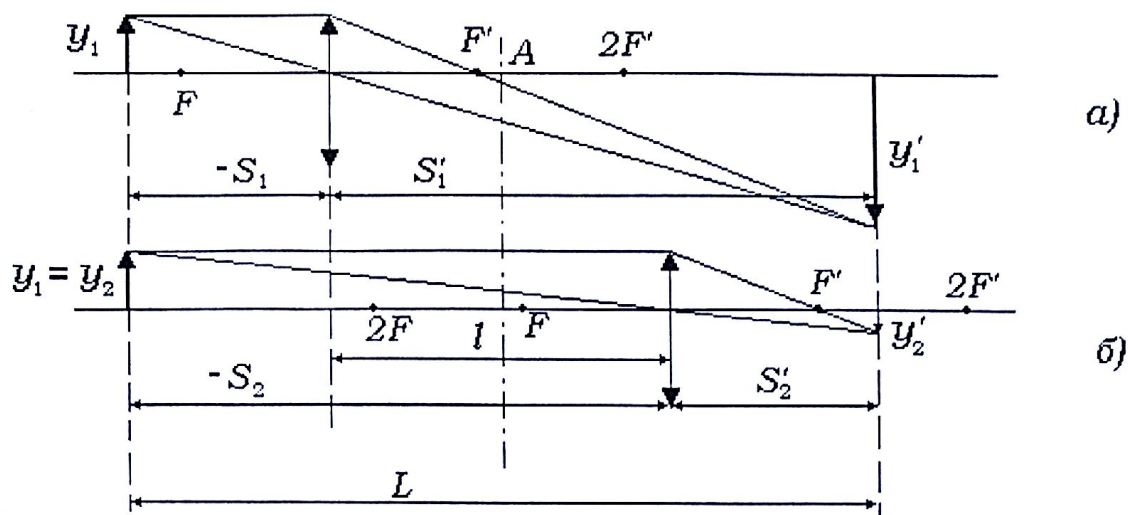


Рис. 1

Визначення фокусної відстані збірної лінзи методом Аббе.

Нехай предмет y знаходиться на відстані $(-X_1)$ від головного фокуса F товстої збірної лінзи (рис. 2). Зображення предмета має розмір $(-y'_1)$. Лінійне збільшення β_1 буде:

$$\beta_1 = \frac{y'_1}{y} = -\frac{f}{X_1}. \quad (3)$$

Якщо пересунути предмет y в положення $(-X_2)$, то лінійне збільшення буде:

$$\beta_2 = \frac{y'_2}{y} = -\frac{f}{X_2} \quad (4)$$

Із формул (3) та (4) неважко одержати вираз для фокусної відстані.

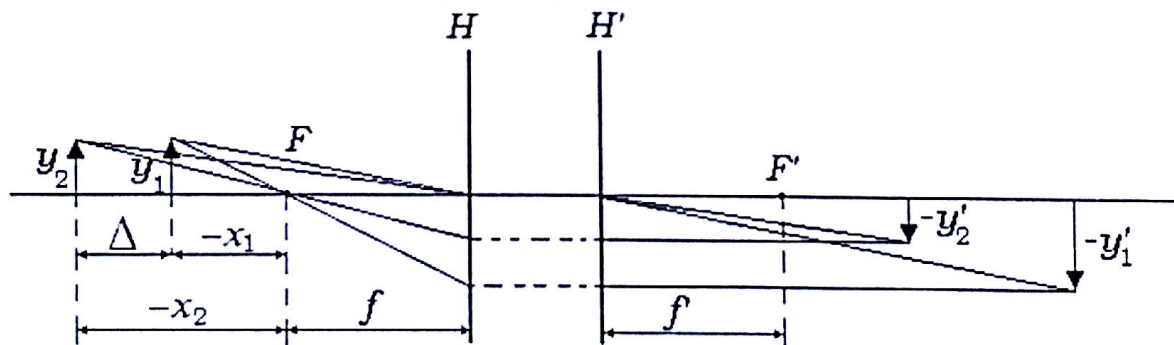


Рис. 2

Отже, вимірявши експериментально величину предмета y , величину його зображення y'_1 та величину зображення y'_2 при переміщенні лінзи на відстань Δ , знайдемо передню f та задню f' фокусні відстані збірної лінзи.

Визначення фокусної відстані тонкої розсіюючої лінзи.

Визначення фокусної відстані розсіюючої лінзи ускладнюється тим, що зображення дійсних предметів одержуються уявними і не можуть бути безпосередньо виміряні. Це ускладнення можна усунути використовуючи збірну лінзу.

Завдання.

1. Визначити фокусну відстань збірної лінзи методами Бесселя і Аббе.
2. Визначити фокусну відстань розсіюючої лінзи за допомогою збірної лінзи.

Завдання 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ДИСПЕРСІЇ СВІТЛА У СКЛІ.

Мета роботи: ознайомлення з експериментальними методами дослідження дисперсії світла в речовині і, зокрема, з методом заломлення в призмі.

Прилади: гоніометр, скляна призма, плоскопаралельна скляна пластина, ртутна лампа.

Теоретичні відомості

Дисперсія світла в деякій речовині – це залежність показника заломлення n цієї речовини від частоти ν (довжини хвилі λ) світла, або залежність фазової швидкості світлових хвиль у речовині V від їх частоти (довжини хвилі). Наслідком дисперсії світла є розкладання в спектр пучка білого світла при його проходженні крізь призму. Саме при спостереженні таких спектрів в 1672р. І.Ньютоном і було відкрите явище дисперсії світла. Якщо для речовин, прозорих у даній ділянці спектра, n збільшується із зменшенням λ , тобто $\frac{dn}{d\lambda} < 0$, то дисперсія – нормальна, якщо зменшується ($\frac{dn}{d\lambda} > 0$) – аномальна. На практиці

заломлюючи речовину часто характеризують відносною дисперсією $N = \frac{n_F - n_C}{n_D - 1}$ (1)

Де n_F - показник заломлення для червоної лінії, n_C - показник заломлення для синьої лінії, n_D - показник заломлення для жовтої лінії.

В даній роботі визначення показників заломлення скла проводять методом заломлення в призмі.

Показник заломлення n для хвилі з довжиною λ визначають за формулою:
$$n = \frac{\sin \frac{\varphi + \delta}{2}}{\sin \frac{\varphi}{2}} \quad (2)$$

Де φ - кут заломлення призми, а δ - кут найменшого відхилення променів даної довжини хвилі.

Опис приладу та його підготовка до роботи

Гоніометр – це прилад, який застосовується для точного визначення кутів відхилення променів. В роботі використано гоніометр ГС-5, опис його конструкції, методики юстування і вимірювання наведено в додатку.

Вимірювання

1. Встановлюють на столику гоніометра скляну призму.
2. Визначають заломлюючий кут призми. Для цього призму встановлюють на столик гоніометра і обертаючи зорову трубу добиваються суміщення автоколімаційного зображення хреста з хрестом ниток окуляра. Це означає, що зорова труба точно перпендикулярна до грані призми. Знімають відлік. Повторюють для другої грані призми. За різницею двох відліків знаходять заломлюючий кут призми.
3. Вмикають ртутну лампу.
4. Без скляної призми спостерігають у зорову трубу зображення щілини коліматора в білому світлі. Знімають відлік кута невідхиленого променя.
5. Визначають показники заломлення скла призми для кількох світлових хвиль, що відповідають синій, зеленій, жовтій та червоній областям спектра ртуті. Для цього встановлюють призму на столик гоніометра так щоб вхідний пучок з коліматора падав на одну з робочих граней з боку основи призми. Закріпивши столик, обертають автоколімаційну трубу до тих пір, поки одна із згаданих вище ліній спектра ртуті не з'явиться в її полі зору. Встановивши на неї хрест ниток, трубу закріплюють, і звільнивши столик, повертають його разом з призмою в той чи інший бік і спостерігають, куди буде рухатись лінія, тобто чи збільшуватиметься, чи зменшуватиметься кут відхилення для хвилі, що відповідає цій лінії. Призму слід обертати так, щоб спектральна лінія наближалась до напрямку, невідхиленого променя. При цьому може статися, що лінія вийде з поля зору труби. Тоді, продовжуючи обертати призму в тому ж напрямку, відкріплюють затискний гвинт з автоколімаційної труби і ведуть її в тому ж напрямку слідом за лінією. Пройшовши деяку відстань, лінія зупиняється і потім починає вертатись назад. В ту мить, коли лінія в полі зору авто колімаційної труби зупиниться, призма якраз і буде встановлена на кут найменшого відхилення променів для хвилі, що відповідає цій лінії. В цьому положенні столик з призмою закріплюють і, обертаючи автоколімаційну трубу, суміщають лінію з хрестом ниток, після чого роблять відлік.

Таким чином, одержують величини кута найменшого нахилання, і за формулою (2) обчислюють показник заломлення n . Дані всіх вимірів і обчислень для кожної з цих хвиль слід записати у вигляді таблиці.

6. Будують графік $n=f(\lambda)$.

7. Оцінюють похибки вимірювань.

8. Описують залежність показника заломлення від довжини хвилі формулою Коші:

$n(\lambda) = A + B/\lambda^2$, тобто підбирають величини коефіцієнтів A і B для найбільш точного опису експериментальних даних.