

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»



Кафедра фізики

Методичні вказівки до лабораторної роботи
«Вивчення дисперсії спектральної призми за допомогою гоніометра»

для бакалаврів напрямку підготовки 6.050503 «Машинобудування»

Рекомендовано до видання засіданням кафедри
фізики (протокол №10 від 14.03.2012 р.)

Дніпропетровськ
Державний ВНЗ «НГУ»
2012

Фізика. Методичні вказівки (українською та російською мовами) до лабораторної роботи «Вивчення дисперсії спектральної призми за допомогою гоніометра» для бакалаврів напряму підготовки 6.050503 та других напрямів. – Автори: Л.М. Глушко, Л.І. Лютий. – Д.: Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», 2012. – 10 с.

Укладачі:

Л.М. Глушко, канд. фізмат. наук, доц.

О.І. Лютий, канд. фізмат, доц.

Затверджено до видання учбово-методичним управлінням ДВНЗ «НГУ» за поданням методичної комісії напряму підготовки 6.050503 «Машинобудування» (протокол № 3 від 2.04.2012).

Методичні матеріали призначено для самостійної роботи студентів напряму підготовки 6.050503 «Машинобудування» та других напрямів під час підготовки до модульних контролів за результатами практичних занять з нормативної дисципліни «Фізика».

Наведено теоретичні відомості про явище дисперсії світла та його застосування для визначення показників заломлення речовини спектральної призми та її дисперсійних характеристик.

Відповідальний за випуск завідувач кафедри фізики проф. І.П. Гаркуша.

Друкується у редакційній обробці укладачів.

Вивчення дисперсії спектральної призми за допомогою гоніометра

Ціль роботи: ознайомлення із принципом роботи гоніометра і його застосувань; визначення показників заломлення речовини спектральної призми і оцінка її дисперсійних характеристик.

Дисперсією світла називається явище, яке обумовлене залежністю показника заломлення n речовини від довжини λ (або частоти ν) світлової хвилі

$$n = f(\lambda), \quad n = f(\nu). \quad (1)$$

Наслідком дисперсії є розкладання білого світла в спектр при проходженні його через призму, що вперше спостерігав І. Ньютон (1672 р.). Спектральні призми застосовують як диспергувальні елементи в багатьох спектральних приладах: у монохроматорах, спектрографах, спектрофотометрах і ін., які використовуються для спектрохімічного аналізу металів, сплавів, ґрунтів, гірських порід і т.п. Матеріалом для призми слугують скло, кварц, флюорит і др.

Розглянемо дисперсію світла в призмі трикутного перерізу з показником заломлення n і кутом заломлення A (рис. 1).

Нехай пучок монохроматичного світла (світло однієї строго постійної довжини хвилі) падає на призму під кутом α_1 . При проходженні через призму пучок променів у результаті дворазового заломлення відхиляється до її основи на деякий кут φ стосовно падаючого променя. Величина кута відхилення залежить від кута падіння α_1 .

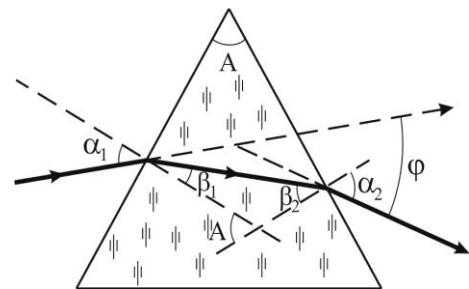


Рис. 1

При деякому значенні α_1 , кут відхилення виявляється мінімальним φ_{\min} . Це відповідає симетричному ходу променів у призмі ($\alpha_1 = \alpha_2$). Кути найменшого відхилення будуть різними для різних монохроматичних променів, тому що показник заломлення матеріалу призми залежить від довжини хвилі λ (1). Похідна від показника заломлення по довжині хвилі $dn/d\lambda$ називається *дисперсією речовини*. Якщо показник заломлення збільшується зі зменшенням довжини хвилі, то говорять, що матеріал призми має *нормальну дисперсію* ($dn/d\lambda < 0$) у даному інтервалі довжин хвиль, а призма відхиляє короткохвильові промені (фіолетові) більше, ніж довгохвильові (червоні).

Можна показати шляхом тригонометричних перетворень, що показник заломлення матеріалу призми при довільних кутах α_1 і A визначається співвідношенням

$$n = \sin[(A + \varphi_{\min})/2] / \sin(A/2). \quad (2)$$

Заломлююча здатність оптичного матеріалу характеризується, в основному, такими величинами:

- показником заломлення n_D для жовтої лінії натрію ($\lambda = 589,3$ нм);
- середньою дисперсією

$$\delta n = n_F - n_C, \quad (3)$$

де n_F і n_C – показники заломлення для блакитної і червоної ліній водню ($\lambda = 486,1$ нм; $\lambda = 656,3$ нм);

- коефіцієнтом середньої дисперсії γ або числом Аббе

$$\gamma = (n_D - 1)/(n_F - n_C). \quad (4)$$

Для повної характеристики оптичних матеріалів визначаються показники заломлення для довжин хвиль усього спектра у видимій області. У цій лабораторній роботі це робиться за допомогою *гоніометра*.

Прилади й приладдя: гоніометр Г5, тригранна скляна призма, джерело лінійчатого спектра, блок живлення. Як джерело лінійчатого спектра в роботі використовується розряд у суміші газів (неон, гелій, водень).

Гоніометр є оптичним контрольно-вимірним приладом лабораторного типу, служить для точного виміру кутів і знаходить широке застосування в оптичних лабораторіях. З його допомогою можна визначати показники заломлення і заломлюючі кути призми і кристалів, дисперсійні характеристики призми і дифракційних решіток, вимірювати довжини хвиль спектральних ліній і т.п. У даній роботі він використовується для вивчення дисперсії скляної призми.

Докладний опис гоніометра Г5 і правила користування ним містяться в додатку 1 до роботи.

Завдання 1. Вимір кута найменшого відхилення.

1. Визначити напрямок не відхиленого променя. Для цього, обертаючи плавно зорову трубу, сполучити відліковий хрест із серединою зображення щілини і записати значення кута φ_0 .
2. Відпустити гвинт 27 і повернути призму разом зі столиком так, щоб бісектриса заломлюючого кута призми утворила з віссю коліматора гострий кут. При цьому підстава призми перебуває ліворуч від спостерігача. Зорову трубу навести на робочу грань призми до появи в полі зору лінійчатого спектра джерела. Сполучити відліковий хрест із фіолетовою спектральною лінією закріпити зорову трубу гвинтом 24. Мікрометричним гвинтом 25 можна більш точно здійснити це сполучення.
3. Далі столик із призмою повільно повертати так, щоб зображення лінії рухалося до напрямку не відхиленого променя. Уловити момент, коли зображення лінії зупиниться і почне рухатися в протилежному напрямку при незмінному напрямку обертання столика. Це положення столика й зорової труби і відповідає куту найменшого відхилення φ_{\min} заломленого променя стосовно падаючого. Закріпити столик.
4. Мікрометричним гвинтом 29 сполучити хрест із серединою спектральної лінії. Зробити відлік кута по лімбу. Кут найменшого відхилення буде

$$\varphi_{\min} = \varphi - \varphi_0.$$
5. Аналогічні виміри зробити для інших спектральних ліній у порядку зростання довжин хвиль (див. додаток 2).
6. Повернути призму другою гранню до зорової труби й повторити виміри φ_{\min} для всіх ліній. Знайти середнє із двох значень φ_{\min} для кожної лінії.

Завдання 2. Побудова дисперсійної кривої речовини призми й розрахунок її дисперсійних характеристик.

1. По формулі (2) обчислити показники заломлення для всіх досліджуваних ліній спектра. За отриманими даними побудувати графік залежності

$n = f(\lambda)$. Довжини хвиль лінійчатого спектра наведені в додатку 2.

2. Використовуючи формули (3) і (4), розрахувати середню дисперсію δn коефіцієнт дисперсії γ . Відповідні коефіцієнти заломлення визначити по дисперсійній кривій.

3. По отриманим оптичним характеристикам визначити марку скла, з якого виготовлена досліджувана призма. Оптичні характеристики стекел наведені в додатку 3.

4. Всі обмірювані й обчислені величини занести в таблицю.

Таблиця

№ п/п	A	φ_0	$\varphi_{\min} \rightarrow$	$\varphi_{\min} \leftarrow$	$\langle \varphi_{\min} \rangle$	n	n_D	n_F	n_C	δn	γ	Марка скла
1												
2												
3												
...												

Контрольні питання

1. У чому полягає явище дисперсії світла?
2. Який кут призми називається заломлюючим? Кутом найменшого відхилення?
3. Яке світло називається монохроматичним?
4. Визначите параметри, що характеризують заломлюючу здатність призми.
5. Коли говорять, що матеріал призми має нормальну дисперсію?
6. Для чого застосовуються спектральні призми? З якого матеріалу вони виготовляються?
7. Для чого призначений гоніометр? Назвіть основні вузли гоніометра Г5. Для чого вони служать?
8. Як побудувати дисперсійну криву? Для чого вона слугує?

Додаток 1

Описання і правила користування гоніометром

Гоніометр Г5 складається з таких основних частин (рис.2): коліматора 3, столика 7, алідади 17, зорової труби 12, які кріпляться на масивній підставі 23. На столику 7 розміщуються досліджувані предмети. Нахил столика щодо вертикальної осі регулюється гвинтами 8. Коліматор *служить для одержання паралельного пучка променів*. Він складається з об'єктива 5 і щілини 1, ширина якої (від 0 до 2 мм) регулюється мікрометричним гвинтом 2. Коліматор кріпиться нерухомо на підставі гоніометра. Налаштування коліматора на паралельність пучка променів робиться гвинтом 4. Зорова труба складається з об'єктива 9 і окуляра 13. Об'єктиви коліматора й зорової труби однакові. Фокусування зорової труби робиться гвинтом 11. Нахил коліматора і зорової труби до горизонтальної осі змінюється гвинтами 6 і 10 відповідно.

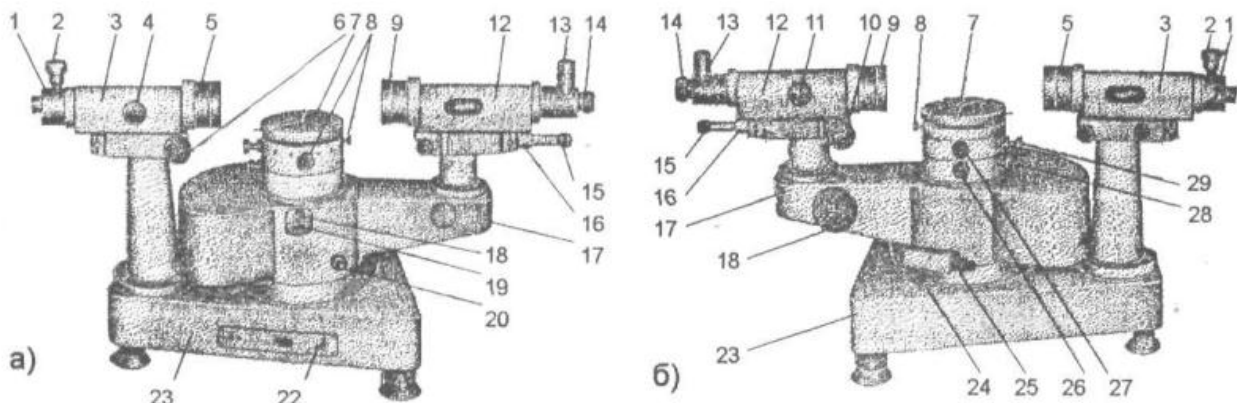


Рис. 2

Принципова схема ходу променів у гоніометрі показана на рис. 3. Світло від джерела S висвітлює щілину 1 коліматора, розташовану у фокальній площині об'єктива 5. З об'єктива

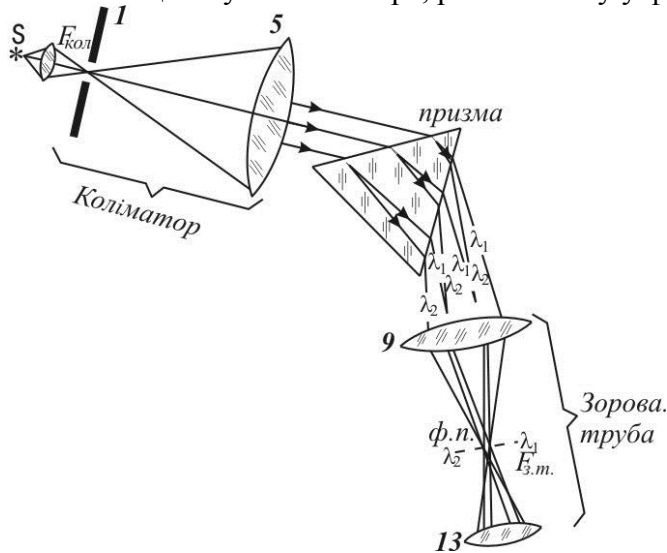


Рис. 3

паралельний пучок променів падає на призму. Якщо світло немонохроматичне, то після заломлення в призмі відбудеться розкладання світла в спектр внаслідок залежності показника заломлення n матеріалу призми від довжини хвилі. Із призми вийдуть паралельні пучки променів, відхилені відповідно хвилям різної довжини $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots$. Ці паралельні пучки зберуться у фокальній площині об'єктива зорової труби 9 у вигляді спектра, що є зображенням щілини 1. Спектр спостерігається оком через окуляр 13.

Найважливішим вузлом гоніометра є пристрій, що служить для відліку кута

повороту зорової труби навколо вертикальної осі, що проходить через центр столика. На цій осі кріпиться прозоре скло (лімба), яке розташовано у корпусі приладу. На поверхні лімба нанесена шкала з поділками. Лімба розділена на 1080 поділок. Ціна поділки $20'$. Оцифровка поділок зроблена через 1° . Шкалу лімба можна спостерігати через окуляр відлікового пристрою 16 при включеному освітленні. Вмикач 22 розташований на нижній частині підстави приладу. Різкість зображення шкали регулюється обертанням оправы окуляра 15 (рис. 2).

Поле зору відлікового мікроскопа наведено на мал. 4. Оптична система відлікового пристрою зібрана так, що через окуляр можна спостерігати зображення штрихів двох діаметрально протилежних ділянок, причому одне зображення пряме, а інше обернене. Крім того, оптична система дозволяє переміщати ці зображення одне щодо одного. При цьому як лімба, так й аліада 17 із зоровою трубою знаходяться в спокої. Це переміщення зображень вимірюється за допомогою оптичного мікрометра. Шкала мікрометра розрахована таким чином, що при переміщенні її на 600 розподілів верхнє зображення штрихів лімба зміщується щодо нижнього на $10'$. Отже, ціна розподілу шкали мікрометра $1''$.

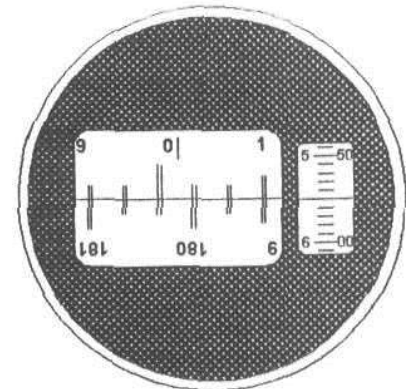


Рис. 4

У лівому вікні спостерігаються зображення діаметрально протилежних ділянок лімба й вертикальний індекс для відліку градусів, у правому вікні – розподіли шкали оптичного мікрометра і горизонтальний індекс для відліку хвилин і секунд.

Щоб зняти відлік кута по лімбі, необхідно за допомогою оптичного мікрометра точно сполучити між собою зображення верхніх і нижніх штрихів лімба в лівому вікні окуляра відлікового мікроскопа. Ця операція проводиться обертанням маховичка оптичного мікрометра 18 (рис. 2). Число градусів дорівнює видимій найближчій лівій від вертикального індексу цифрі (рис. 4). Число десятків хвилин дорівнює числу інтервалів, які укладаються між верхнім штрихом, що відповідає числу відлічених градусів, і нижнім оцифрованим штрихом, що відрізняється від верхнього на 180° . Число одиниць хвилин відраховується по шкалі мікрометра в правому вікні по лівому стовбцю чисел, число десятків секунд – по правому. Число одиниць секунд дорівнює числу розподілів між штрихами від відліченого числа десятків секунд до нерухомого горизонтального індексу. Положення, яке показано на рис. 4, відповідає відліку $0^\circ 15' 55''$. Пристрій відліку гоніометра Г5 забезпечує точність не хуже $5''$.

Додаток 2

Лінії спектра електричного розряду в суміші газів <i>Ne, He, H</i>				Спектральні лінії ртуті		
Колір лінії	Довжина хвилі λ (нм)	Яскравість (на око)	Газ	Колір лінії	Яскравість (на око)	Довжина хвилі λ (нм)
Червона	703.2	10	<i>Ne</i>	Червона	2	623,40
Червона	656.2	30	<i>H_{α}</i>	Жовта	20	579,07
Червона	640.2	20	<i>Ne</i>	Жовта	8	576,96
Червона	638.3	10	<i>Ne</i>	Зелена	20	546,07
Червоно-оран.	614,3	10	<i>Ne</i>	Блакитна	1	491,60
Жовтогаряча	597.5	10	<i>Ne</i>	Синя	30	435,83
Жовтогаряча	594.4	5	<i>Ne</i>	Фіолетова	1	407,78
Жовта	587.6	30	<i>He</i>	Фіолетова	2	404,66
Жовта	585.2	20	<i>Ne</i>			
Зелена	534.1	10	<i>Ne</i>			
Зелена	501.6	10	<i>He</i>			
Блакитна	486.1	5	<i>H_{β}</i>			
Блакитна	471.3	3	<i>He</i>			
Синя	447.1	6	<i>He</i>			
Синя	434.0	2	<i>H_{γ}</i>			

Додаток 3

Оптичні характеристики стекол

Назва	Марка скла	n_D	δn	γ	Назва	Марка скла	n_D	δn	γ
Легкий крон	ЛК-3	1.4874	0,00696	70,0	Легкий флінт	ЛФ-1	1.5406	0,01145	47,2
	ЛК-4	1.4903	0,00753	65,1		ЛФ-7	1.5783	0,01407	41,1
Крон	К-1	1.4982	0,00765	65,1	Флінт	Ф-6	1.6031	0,01590	37,9
	К-3	1.5100	0,00805	63,4		Ф-8	1.6248	0,11757	35,6
	К-8	1.5163	0,00806	64,1					
Баритовий крон	БК-4	1.5302	0,00877	60,5	Баритовий флінт	БФ-12	1.5269	0,01601	39,1
	БК-6	1.5399	0,00905	59,7		БФ-28	1.6641	0,01874	35,4
	БК-10	1.5688	0,01015	56,0					
Важкий крон					Важкий флінт	ТФ-1	1.6475	0,01912	33,9
	ТК-7	1.6137	0,01090	56,3		ТФ-2	1.6725	0,02087	32,2
	ТК-21	1.6568	0,01285	51,1		ТФ-4	1.7398	0,02628	28,2
						ТФ-5	1.7550	0,02743	27,5
						ТФ-10	1.8060	0,03178	25,4

Література

1. Трофімова Т.І., Курс фізики, Москва, «Академія», 2005.
2. Лабораторні заняття по фізиці. Під ред. Л.Л. Гольдіна, Москва, Наука, 1983.

Укладачі: Глушко Л.М., Лютий О.І.