

**ГРАДУЮВАННЯ ШКАЛИ СПЕКТРОСКОПУ ПО СПЕКТРУ РТУТІ ТА
ВИЗНАЧЕННЯ ПОСТІЙНОЇ ПЛАНКА**

Мета роботи: Знайомство з роботою спектроскопа та градування спектроскопа по спектру ртуті. Знаходження постійної Планка, використовуючи дисперсійну залежність $\lambda = f(\varphi)$.

Прилади і матеріали: спектроскоп (монохроматор), ртутна кварцова лампа ПРК-4, кюветка з розчином $K_2Cr_2O_7$, лампа розжарювання, трансформатор.

Теоретичні відомості

Розклад білого світла на спектр при його проходженні через призму є наслідком дисперсії світла. *Дисперсія світла – це залежність показника заломлення речовини від довжини хвилі λ :*

$$n = f(\lambda) \quad (86.1)$$

Якщо спрямувати вузький пучок білого світла на одну з граней тригранної призми, то заломлюючись у призмі, промені виходять під різними кутами (рисунок 86.1). Найбільш відхиляються фіолетові промені, які мають найкоротшу довжину хвилі, а найменше – червоні промені, у яких довжина хвилі найбільша. Якщо на скляну призму спрямовувати вузький пучок білого світла, то на екрані виникає його спектр.

Існують три типи спектрів – лінійчасті, смугасті і суцільні.

Лінійчасті спектри випромінюються не взаємодіючими атомами простих речовин, тому їх ще називають *атомарними спектрами*. Вони складаються з окремих кольорових ліній. Лінійчасті спектри одержують коли атоми речовин шляхом розжарювання переводять у газовий стан (наприклад, в електричній дузі).

Смугасті спектри, маючи вигляд окремих кольорових смуг, є спектрами випромінювання не взаємодіючих молекул даної речовини і тому називаються ще *молекулярними спектрами*.

Нагріті гази і пара породжують смугасті спектри, оскільки складаються з практично не взаємодіючих молекул.

Суцільні спектри складаються з різних кольорів, які змінюють один одного – від червоного до фіолетового. Ці спектри дають нагріті тверді тіла і рідини, а також газ під великим тиском.

Досліджування спектрів дозволяє встановити якісний склад речовини. Кількісний зміст певного елемента визначають, вимірюючи яскравість його спектральних ліній. Цей спектральний аналіз здійснюється за допомогою спеціальних приладів – спектрографів і спектрометрів.

Розглянемо будову найпростішого спектрального апарата – спектроскопа (рисунок 86.1).

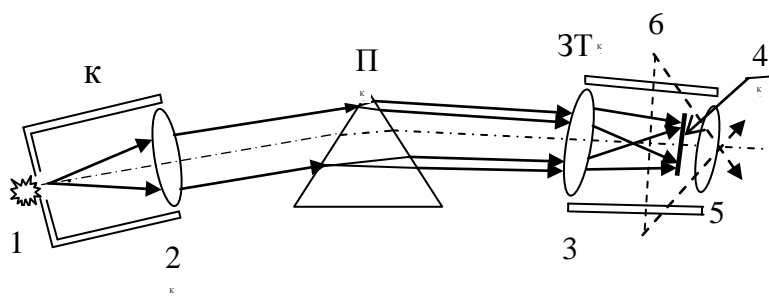


Рисунок 86.1.

Він складається з трьох частин: коліматорної труби K , столика з призмою Π і зорової труби $ЗТ$, що переміщується відносно призми мікрометричним гвинтом. Коліматор має щілину 1 , розміщену в головному фокусі лінзи 2 . Перед щілиною знаходиться джерело світла. Проміні, які проходять крізь щілину і падають на лінзу, виходять з неї паралельним пучком і попадають далі на передню грань призми Π , яка завдяки явищу дисперсії розкладає світло на спектр. Крізь об'єкти промені надходять у зорову трубу. За допомогою лінзи 3 , паралельні пучки світла збираються в різних точках її фокальної площини 4 . За допомогою окуляра – лінзи 5 – ми бачимо збільшене зображення спектра 6 .

Для перетворення спектроскопа на спектрометр необхідно проградувати шкалу спектроскопа, тобто поставити у відповідність поділкам шкали спектроскопа відповідні значення довжин

хвиль. Для цього використовується у вигляді графіка залежність довжини хвилі від кута повороту барабану $\lambda = f(\varphi)$.

Для знаходження постійної Планка розглянемо природу світла. З теорії Максвелла відомо, що світло являє собою електромагнітні хвилі, які випромінюють атоми та молекули речовини. Хвильова теорія світла добре пояснювала низку явищ, зв'язаних з поширенням світла, таких як інтерференція, дифракція, поляризація та дисперсія. Однак, закони теплового випромінювання – закони Стефана–Больцмана, Віна, Кірхгофа – електромагнітна теорія пояснити не змогла.

Намагаючись подолати ці труднощі німецький фізик Макс Планк у 1900 року висловив гіпотезу, що *випромінювання та поглинання світлової енергії електромагнітного поля відбувається не безперервно, а здійснюється окремими порціями – квантами світла, або фотонами.*

Енергія фотона пов'язана з його частотою ν рівнянням:

$$W_{\phi} = h\nu, \quad (86.2)$$

де $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с – стала Планка.

Оскільки швидкість світла $c = \lambda \cdot \nu$, формулу (86.2) можна записати у вигляді $W_{\phi} = \frac{hc}{\lambda}$, звідки

$$h = \frac{W_{\phi}\lambda}{c} \quad (86.3)$$

Отримання постійної Планка в цієї роботі зводиться до визначення довжини хвилі λ_{\min} , яка відповідає червоної границі спектра поглинання двоокисного калію $K_2Cr_2O_7$. При цьому відбувається реакція, яка протікає з поглинанням енергії:



де W_{ϕ} – мінімальна (гранична) енергія фотона, яка необхідна для здійснення реакції (86.4). Досліди показують, що для даної речовини ця енергія дорівнює

$$W_{\phi} = 3,672 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}. \quad (86.4)$$

Довжина хвилі, котра відповідає граничній енергії, визначає границю спектра поглинання розчину двоохромоокісного калію. Визначив граничну довжину хвилі λ_{\min} , можна знайти постійну Планка h за формулою (86.3).

Експериментальна установка зображена на рисунку 86.2.

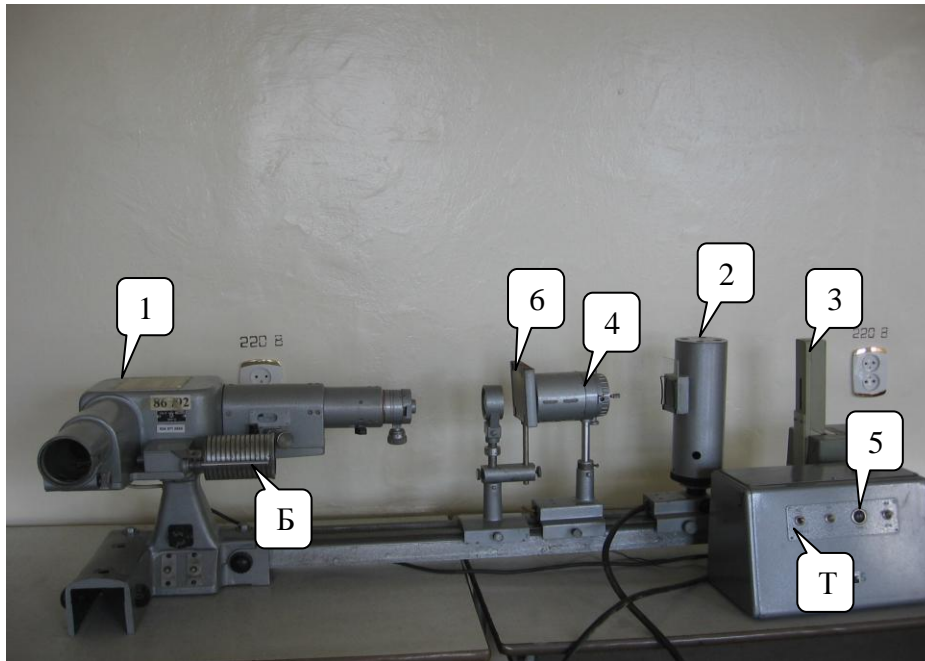


Рисунок 86.2.

Вона складається з монохроматора 1, ртутної лампи 2, водневої газорозрядної трубки 3, неонові лампочки, яка знаходиться у захисному кожусі 4, блока живлення 5 та кюветки з розчином б.

Послідовність виконання роботи

А) Градування спектроскопа:

- 1 Накреслити таблицю вимірюваних величин за зразком, наведеним нижче (таблиця 86.1).
- 2 Розглянути будову спектроскопа. Ознайомитись з механізмами його управління.
- 3 Переключити тумблер T в положення ПРК-4 (дивись рисунок 86.2). Встановити щілину коліматора перед вікном ртутної лампи 2. Налаштувати найкращу видимість спектра. Добитись чіткого зображення візирного штиря за допомогою переміщення окуляра вихідного коліматора.

- 4 За допомогою відлікового пристрою спектроскопа для кожної лінії відомого спектра (значення довжини хвилі якої вказані у таблиці) визначити показання відлікового пристрою спектроскопа і занести їх у таблицю 86.1.
- 5 За даними таблиці накреслити на міліметровому папері графік залежності довжини хвилі від показу відлікового пристрою спектроскопа $\lambda = f(\varphi)$ – градуовальну криву спектроскопа.

Б) визначення постійної Планка:

- 1 Знайти граничну довжину хвилі спектра поглинання розчину двохокісного калію $K_2Cr_2O_7$. Для цього:

Тумблер T перевести в положення $L-1$. Коліматор спектроскопу направити на нить лампи розжарювання.

За допомогою відлікового пристрою – барабану B (дивись рисунок 86.2) – знайти в полі зору окуляра суцільний спектр.

Розташувати кюветку з розчином $K_2Cr_2O_7$ так, щоб прозори грані її були перпендикулярні коліматорної трубі. При цьому короткохвильова частина спектра буде поглинатися.

За допомогою барабану B визначити положення границі області поглинання світла.

- 2 Використовуючи градуовальну криву спектроскопа, знайти відповідне до цієї границі значення λ_{\min} .
- 3 За формулою (86.3) визначити постійну Планка.

Звіт за виконану роботу

- 1 Робоча формула:

$$h = \frac{W_{\phi} \lambda_{\min}}{c} - \text{постійна Планка.}$$

Величини, що знаходяться за допомогою градуовальної кривої спектра:

$$\lambda_{\min} - \text{граничне значення довжини хвилі,} \quad [\lambda_{\min}] = \text{м.}$$

Табличні величини:

$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ – швидкість світла у вакуумі;

$W_{\phi} = 3,672 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ – енергія фотона, яка необхідна для здійснення реакції.

Величини, що обчислюються:

h – постійна Планка, $[h] = \text{Дж} \cdot \text{с}$.

2 Результати експерименту:

Таблиця 86.1

№ з/п	Колір лінії	Довжина хвилі λ , нм	Відлік за шкалою φ , поділки
1	Червона – 1	708	
2	Червона – 2	690	
3	Червона – 3	623	
4	Червона – 4	612	
5	Червона – 5	607	
6	Жовта – 1	579	
7	Жовта – 2	577	
8	Зелена	546	
9	Блакитна – 1	492	
10	Блакитна – 2	456	
11	Темно-блакитна – 1	436	
12	Фіолетовий – 1	411	
13	Фіолетовий – 2	408	

Контрольні питання

- 1 Що називається дисперсією світла? Привести приклади цього явища.
- 2 Що таке спектр випромінювання речовини?
- 3 Накреслити принципову схему спектроскопа. Поясніть хід променів у спектроскопі.
- 4 Що таке спектральний аналіз? Для чого він застосовується?
- 5 В чому полягає градування спектроскопа?
- 6 Які джерела світла використовуються в даній роботі? Які спектри вони дають? Чим вони відрізняються один від одного?
- 7 Сформулюйте гіпотезу М.Планка.
- 8 Що таке фотон? Наведіть формулу для знаходження енергії фотона.
- 9 У чому полягає корпускулярно-хвильовий дуалізм властивостей світла?

Література

Ландсберг Г.С. Оптика. Изд. "Наука", М., 1989, 760 с.