

# Визначення коефіцієнтів пропускання скляних світлофільтрів

Сергій Поліщук

Мета роботи: вивчення властивостей речовин за їх спектрами пропускання.

Прилади і матеріали: універсальний об'єктивний фотометр типу ФОУ, набір світлофільтрів.

Завдання:

1 при домашній підготовці:

- користуючись рекомендованою літературою, ознайомитись з типами світлофільтрів та їх характеристиками;
- записати у робочій зошит порядок виконання роботи; - зарисувати оптичну схему приладу.

2 при виконанні роботи:

- у присутності викладача ввімкнути прилад в електричну мережу;
- побудувати спектри пропускання трьох світлофільтрів і порівняти їх з паспортними;
- оформити звіт і подати його викладачеві.

Правила техніки безпеки:

- бережіться пошкодження очей;
- розташуйте прилади таким чином, щоб уникнути їх падіння;
- не торкайтесь пальцями світлофільтрів. Пальці залишають сліди, що ускладнює виконання роботи.

Теоретичні відомості та опис установки: Світловий потік, спрямований на речовину з деякою прозорістю, частково відбивається від неї, певна частина його поглинається речовиною, решта проходить крізь неї.

Відбивання, поглинання і пропускання характеризується відповідними коефіцієнтами, які, згідно з електронною теорією дисперсії, залежать від частоти падаючого світла. Зокрема, під коефіцієнтом пропускання  $r$  розуміють відношення потоку випромінювання  $\Phi$ , що пройшов через шар речовини, до потоку  $\Phi_o$ , що падає на вхідну поверхню. Зазвичай коефіцієнт пропускання визначають як функцію довжини хвилі  $\lambda$ . Тоді

$$r = \frac{\Phi(\lambda)}{\Phi_o(\lambda)} \quad (1)$$

Об'єктом дослідження у даній роботі є забарвлені скляні пластинки – абсорбційні світлофільтри. В оптиці, у загальному розумінні, світлофільтрами вважаються оптичні пристрої, що володіють вибіркоким спектральним пропусканням і які використовують для ослаблення світла у бажаних інтервалах довжин хвиль. Найчастіше їх застосовують для монохроматизації випромінювань і у цьому випадку називають зональними фільтрами. До цього класу належать абсорбційні, інтерференційні та дисперсійні світлофільтри. У лабораторних умовах переважно користуються абсорбційними фільтрами, дія яких основана на вибіркового (селективного) поглинанні світла. Саме цим пояснюється різний колір поглинаючих сереловищ. Звідси слідує висновок: якщо речовина селективно поглинає, то вона і селективно пропускає падаюче на неї випромінювання. Тому здатність світлофільтра пропускати слід визначати для різних довжин хвиль, і на основі виконаних вимірювань побудувати графік залежності  $r$  від  $\lambda$ , що і є одним із завдань даної роботи. Для реалізації цієї мети універсальний об'єктивний фотометр ФОУ обладнаний вісьмома селективними поглиначами, характеристики яких зведені у таблицю 1

Таблиця 1: Характеристики селективних поглиначів фотометру ФОУ

Номер на рукоятці	Маркування поглинача	Приблизне значення довжини хвилі, що відповідає максимальному пропусканню поглинача, нм
1	1	400
2	2	457
3	3	495
4	4	540
5	5	585
6	6	640
7	7	700
8	8	750

Таким чином, для досліджуваного світлофільтра є можливість пичначити вісім значень  $r$ , що відповідають різним довжинам хвиль.

В основу вимірювань на фотометрі ФОУ покладено принцип порівняння двох світлових потоків шляхом зміни одного з них за допомогою вимірювальної діафрагми із змінним отвором. Зовнішній вигляд приладу ілюструє рис.5.

На вимірювальних барабанах, зв'язаних з діафрагмами, нанесено відношення (у процентах) площі отвору діафрагми при даному її відкритті до площі при максимальному розкритті.

Вимірювання коефіцієнта пропускання полягає в тому, що на фотоелементи, які включені за диференціальною схемою, направляється по чергово спочатку повний світловий потік, а потім потік, пропущений через досліджуване середовище. Так як світловий потік рівномірного пучка світла, який проходить крізь діафрагму, пропорційний площі її розкриття, то відношення площ отворів відповідає відношенню потоків. Оптична схема фотометра ФОУ зображена на рис.2.

Світловий пучок від джерела 1 (рис.2) розділяється дзеркалами (на схемі не показані) на дві частини, спрямовується на конденсор 2, паралельним пучком потрапляє на дзеркало 3 і потім проходить крізь досліджуваний зразок, вимірювальну діафрагму 4, об'єктив 5, відбивається від дзеркала 6, проходить через один із змінних селективних поглиначів 7 і фокусується на матовому склі 8, яке розміщене перед фотоелементом 9.

Дзеркала 3 і 6 призначені для повертання пучків світла з метою зменшення розмірів фотометра.

Дзеркало 3 повертає пучки променів на кут  $45^\circ$ , направляючи їх на вимірювальні діафрагми 4. Розсувні вимірювальні діафрагми 4, при повертанні зв'язаних з ними барабанів, змінюють площу отвору і тим самим змінюють інтенсивність світлових потоків, падаючих відповідно на лівий і правий фотоелементи.

Дзеркала 6 направляють два пучки крізь один поглинач, при цьому пучки перетинаються під кутом  $46^\circ$ . Вибіркові поглиначі призначені для виділення спектральних ділянок в області спектру від 400 до 750 нм і вводяться в оптичну схему в залежності від вимірів на фотометрі.

На барабані 7 (рис.5) нанесено дві шкали. Одна шкала має чорний колір, вона називається шкалою пропускання, на ній показані відношення  $\frac{S}{S_0}$  у процентах, де  $S$  площа розкриття діафрагми при вимірюванні,  $S_0$  – площа максимального розкриття діафрагми.

Інша шкала – червона – відповідає оптичній густині зразка, під якою розуміють десятковий логарифм величини, оберненої до коефіцієнта пропускання. Тобто  $D = -\lg r$ . Якщо, наприклад,  $r = 0.10(10\%)$ , то  $D = 1$ .

З правого боку оптичної головки знаходиться ручка 11, якою по чергово вводять у хід променів той чи той поглинач. Цифри на шкалі вказують номер поглиначів, Положення кожного поглиначів фіксується.

З лівого боку оптичної головки розміщена ручка 10, поворотом якої можна збільшити чутливість приладу приблизно у 1,10,100,1000 і у 10000 разів. Цифра «1» відповідає мінімальній чутливості, цифра «5» – максимальній. Плавно змінювати чутливість можна ручкою 2.

Послідовність виконання роботи:

- 1 Ввімкнути в мережу блок живлення. Час його прогрівання не менше 15 хвилин. Діафрагми вимірювальних барабанів при цьому повинні бути повністю відкритими.
- 2 Ручку чутливості встановити у положення «1» (груба чутливість).
- 3 Після закінчення прогрівання закрити діафрагми і встановити стрілку мікроамперметра в нульове положення.  
УВАГА! При вимірюванні коефіцієнтів пропускання категорично забороняється обертати барабан 8 (рис.5)).
- 4 Правий барабан встановити на поділку «100» чорної шкали, а досліджуваний зразок помістити у правий пучок світла. Повертанням лівого барабана встановити положення фотоелектричної рівноваги («0» на мікроамперметрі). Після цього зразок вийняти і знову встановити фотоелектричну рівновагу шляхом повертання правого барабана. Відлік, взятий по чорній шкалі цього барабана, дасть коефіцієнт пропускання даного зразка, а по червоній - його оптичну густину.  
Слід відмітити, що фотометр являє собою симетричну оптичну систему і порядок вимірювань може бути змінений у тому розумінні, що там, де згадується про правий вимірювальний барабан (чи діафрагму), можна мати на увазі лівий барабан (чи діафрагму) і навпаки.  
Примітка. Під час вимірювання може статись, що при встановленні правого барабана на поділку «100» лівим барабаном не вдається досягнути «0» на мікроамперметрі. Це відбувається через різну чутливість фотоелементів.  
У такому разі на поділку «100» слід встановити шкалу лівого барабана, досліджуваний зразок помістити у ліве плече фотометра, а правим барабаном виконати встановлення електричного нуля.
- 5 Для одержання спектральної характеристики світлофільтра В оптичну схему послідовно ввести селективні поглиначі і виміряти, згідно п. 4, коефіцієнти пропускання з кожним поглиначем. На міліметровому папері побудувати графік- характеристику пропускну здатності світлофільтра, відкладаючи довжини хвиль на горизонтальній вісі, а значення  $r$  - на вертикальній. Одержаний результат порівняти з паспортним, проаналізувати можливі розходження.
- 6 Побудувати графічну залежність  $r = f(\lambda)$  щонайменше для трьох світлофільтрів.

## References

- 1 Кучерук І.М., Горбачук І.Т. Загальний курс фізики: Т.3.: Оптика. Квантова фізика. - К.: Техніка, 2006. – 518с., ст. 101 - 102, 203 - 204.
- 2 Кучерук І.М., Дущенко В.П. Загальна фізика. Оптика. Квантова фізика. - К.: Вища школа, 1991, – 463с., ст. 58 - 60, 206 - 215, 224 - 227.
- 3 Горбачук І.Т. Загальна фізика. Лабораторний практикум. - К.: Вища школа, 1992.- 512 с., ст. 450 - 453.
- 4 Методична розробка до роботи.

Завдання для самоконтролю:

- 1 Які світлофільтри відносяться до зональних?
- 2 Які фільтри називаються інтерференційними, яка їх будова?
- 3 Де застосовуються світлофільтри?
- 4 Що таке коефіцієнт пропускання?
- 5 Що таке оптична густина напівпрозорого тіла?
- 6 У чому полягає вимірювання коефіцієнтів пропускання відносним та абсолютним методами?
- 7 Яку роль відіграють селективні поглиначі?
- 8 У якому діапазоні довжин хвиль працює фотометр ФОУ?
- 9 Які основні блоки фотометрів типу ФОУ?
- 10 Поясніть оптичну схему приладу?

Тестові завдання для вхідного контролю:

1 Під світлофільтром розуміють прилад, який пропускає лише фотони, певною мірою узгодження за:

- (a) фазою;
- (b) амплітудою;
- (c) частотою;
- (d) орієнтацією у просторі.

2 В основу дії світлофільтра може бути покладене:

- (a) селективне поглинання речовиною світла;
- (b) вибіркове відбивання світла речовиною;
- (c) розсіювання світла речовиною;
- (d) інтерференція світла.

3 Яке з цих тверджень хибне? Прозорість речовини залежить від її здатності:

- (a) поглинати світло;
- (b) розсіювати світло;
- (c) відбивати світло;
- (d) поглинати, розсіювати та відбивати світло.

4 Прозорість білого паперу близька до:

- (a) 0
- (b) 0.25
- (c) 0.78
- (d) 1

5 Чи тотожні між собою значення прозорості та коефіцієнта пропускання світла речовиною?

- (a) тотожні;
- (b) прозорість більша коефіцієнта пропускання;
- (c) прозорість менша коефіцієнта пропускання;
- (d) прозорість може бути як більшою, так і меншою коефіцієнта пропускання.

6 Чи залежить спектральна ширина смуги пропускання від типу світлофільтра?

- (a) не залежить;
- (b) вона вужча в інтерференційних фільтрах;
- (c) ширина смуги пропускання найвужча в абсорбційних фільтрах;
- (d) найменшу ширину смуги пропускання дають дисперсійні світлофільтри.

7 Сучасні світлофільтри мають ширину смуги пропускання:

- (a) 10 нм
- (b) 1 нм
- (c) 0.1 нм
- (d) 0.01 нм

8 Фотометр ФОУ працює у такому діапазоні довжин хвиль:

- (a) 380-760 нм;
- (b) 420-740 нм;
- (c) 400-750 нм;
- (d) 440-730 нм.

9 На аркуші паперу мифнь написи червоним, зеленим і синім фломастером. Який вони матимуть вигляд, якщо їх розглядати через червоний світлофільтр?

- (a) всі написи здаватимуться чорними;
- (b) червоного напису не буде видно, а зелений і синій будуть чорними;
- (c) буде видно лише червоний напис;
- (d) всі написи здаватимуться червоними.

Тестові завдання для підсумкового контролю:

1 Світлофільтри – оптичні пристрої, дія яких ґрунтується на селективному:

- (a) пропусканні світла;
- (b) відбиванні світла;
- (c) пропусканні або відбиванні світла;
- (d) відбиванні або розсіюванні світла.

2 Досліджувані у даній роботі світлофільтри відносяться до:

- (a) абсорбційних;
- (b) інтерференційних;
- (c) дисперсійних;
- (d) емісійних.

3 До зональних світлофільтрів належать:

- (a) лише інтерференційні фільтри;
- (b) виключно дисперсійні фільтри;
- (c) дисперсійні і абсорбційні фільтри;
- (d) абсорбційні, дисперсійні та інтерференційні фільтри.

4 Абсолютно прозорим є середовище, яке:

- (a) не відбиває світло;
- (b) нерозсіює світло;
- (c) не поглинає світло;
- (d) має показник заломлення, рівний 1.

5 Коефіцієнт поглинання середовища а залежить:

- (a) лише від хімічної природи середовища;
- (b) від частоти падаючого світла та його інтенсивності;
- (c) від товщини шару поглинання та інтенсивності падаючого світла;
- (d) від хімічного складу середовища та довжини падаючої хвилі.

6 Які з нижче перелічених величин належать до основних характеристик світлофільтрів: 1) хімічна природа середовища, 2) агрегатний стан, 3) спектральна ширина, 4) прозорість, 5) довжина хвилі  $\lambda$ , 6) оптична густина?

- (a) перша, третя і шоста;
- (b) друга, четверта та п'ята;
- (c) третя, четверта, п'ята та шоста;
- (d) всі шість.

7 Із яких нижче перелічених речовин виготовляють світлофільтри для видимої області: 1) кварц, 2) скло, 3) желатин, 4) пластмаса, 5) кристали, 6) рідини?

- (a) кварц, скло, кристали, рідини;
- (b) скло, желатин, рідини, кристали;
- (c) скло, желатин, пластмаса, рідини;
- (d) рідини, кристали, кварц, желатин.

8 Для яких світлофільтрів оптична густина не залежить від довжини хвилі?

- (a) абсорбційних;
- (b) дисперсійних;
- (c) інтерференційних;
- (d) нейтральних.

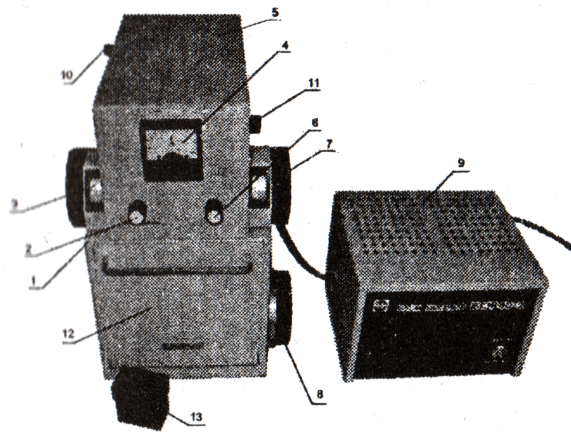


Рис. 1.

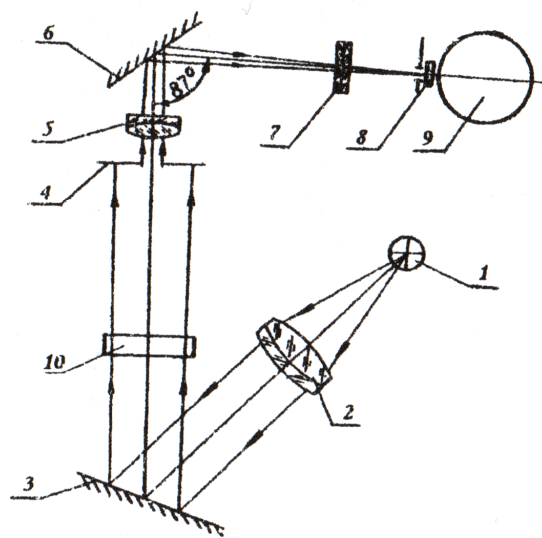


Рис. 2.

- 1 оптичний блок;
- 2 регулятор чутливості;
- 3 показчик вимірювальної величини;
- 4 мікроамперметр;
- 5 головка оптична;
- 6 ручка установки електричного нуля;
- 7 барабан вимірний;
- 8 барабан повороту предметного столика;
- 9 блок живлення;
- 10 ручка збільшення чутливості;
- 11 ручка для встановлення селективного поглинача;
- 12 кюветне відділення;
- 13 набір світлофільтрів.

- 1 джерело світла;
- 2 конденсор;
- 3 поворотне дзеркало;
- 4 діафрагма;
- 5 об'єктив;
- 6 поворотне дзеркало;
- 7 селективний поглинач;
- 8 матове скло;
- 9 фотоелемент;
- 10 досліджуваний світлофільтр.

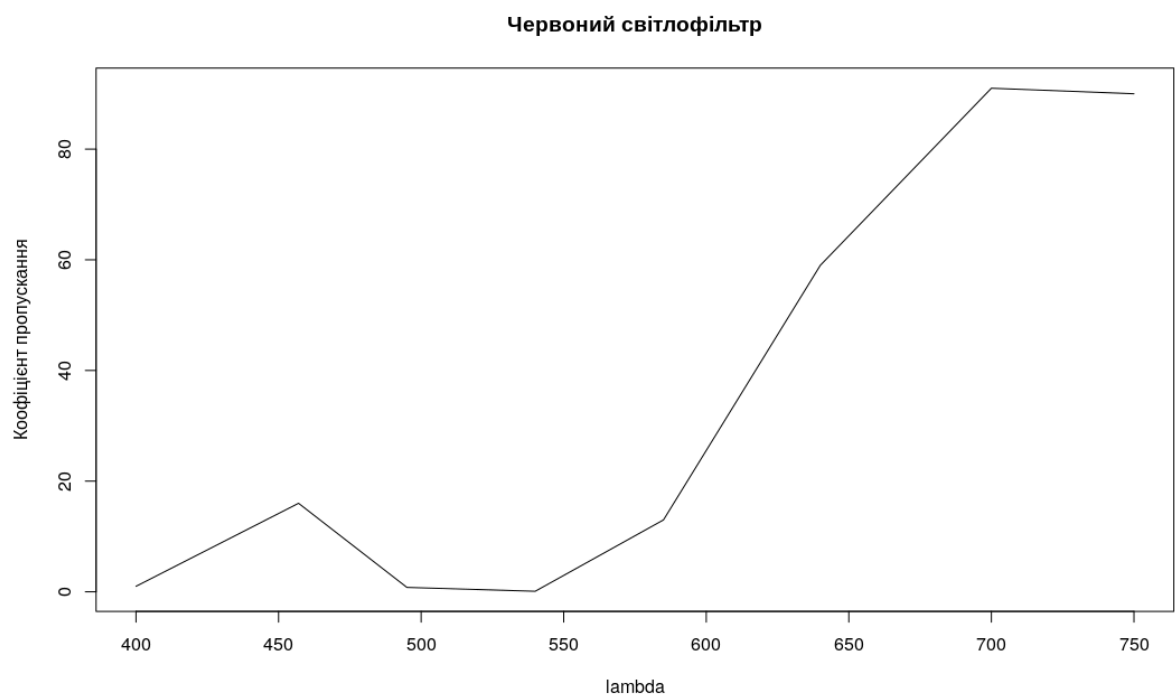


Рис. 3.



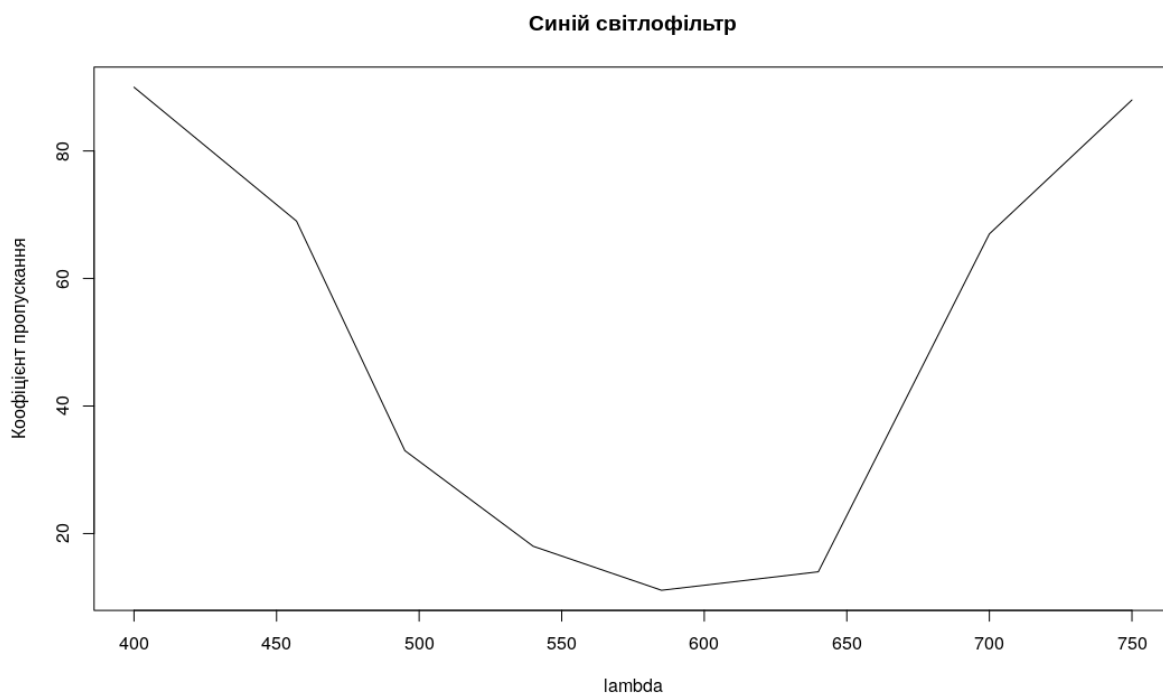


Рис. 4.

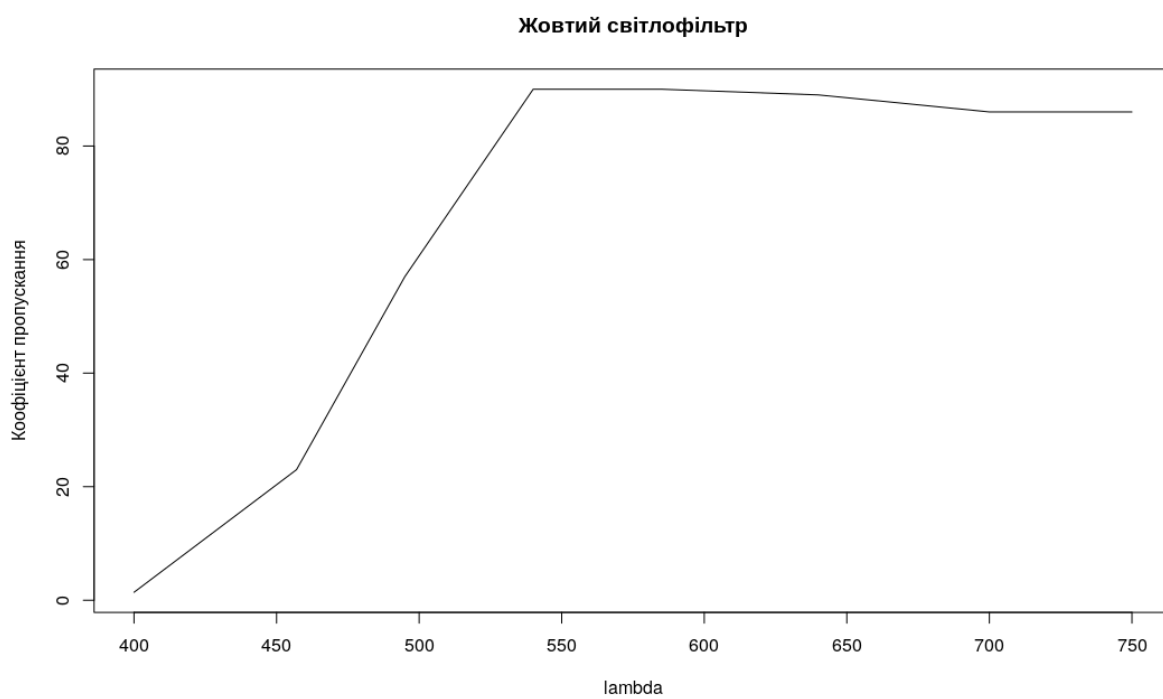


Рис. 5.