

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



Кафедра фізики

Методичні вказівки до лабораторної роботи
**«Визначення показника заломлення розчинів солей
за допомогою рефрактометра»**

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 «Визначення показника заломлення розчинів солей за допомогою рефрактометра» для бакалаврів напряму підготовки 6.050503 та других напрямів. – Автори: Л.М. Глушко, Л.І. Лютий, Н.Л. Курнат – Д.: Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», 2012. – 8 с.

Укладачі:

Л.М. Глушко, канд. фізмат. наук, доц.

О.І. Лютий, канд. фізмат, доц.

Н.Л. Курнат, ст. викладач.

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

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 явища заломлення, повного внутрішнього відбиття і дисперсії світла, принцип роботи рефрактометра та застосування цих явищ для визначення залежності показників заломлення розчинів солей від їх концентрації в розчині.

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

Друкується у редакційній обробці укладачів

**Визначення показників заломлення розчинів солей
за допомогою рефрактометра**

Мета роботи: ознайомлення з явищами заломлення, повного внутрішнього відбиття і дисперсії світла, принципом роботи рефрактометра; визначення залежності показників заломлення розчинів солей від їх концентрації в розчині.

На границі розподілу двох прозорих середовищ спостерігаються явища заломлення й відбиття світла (рис. 1). При переході через границю змінюється швидкість світла. Відношення швидкості поширення світла c у вакуумі до швидкості його поширення v в даному середовищі називають *абсолютним показником заломлення середовища*

$$n = c/v. \quad (1)$$

Середовище з більшим показником заломлення вважається оптично більш щільним. Показники заломлення рідких і твердих тіл можуть вимірятися з великою точністю. При даній температурі і для даної довжини хвилі вони є важливими сталими, що характеризують речовину. Тому вимір показників заломлення при різних умовах використовується для дослідження властивостей речовин. Відповідний розділ науки називається рефрактометрією, а прилади для виміру показників заломлення – рефрактометрами.

У даній роботі використовується технічний рефрактометр Аббе (ІРФ-22). Опис його конструкції наведено в додатку.

При вимірах показника заломлення за допомогою цього рефрактометра можна користуватися методом повного внутрішнього відбиття, або методом ковзного променя.

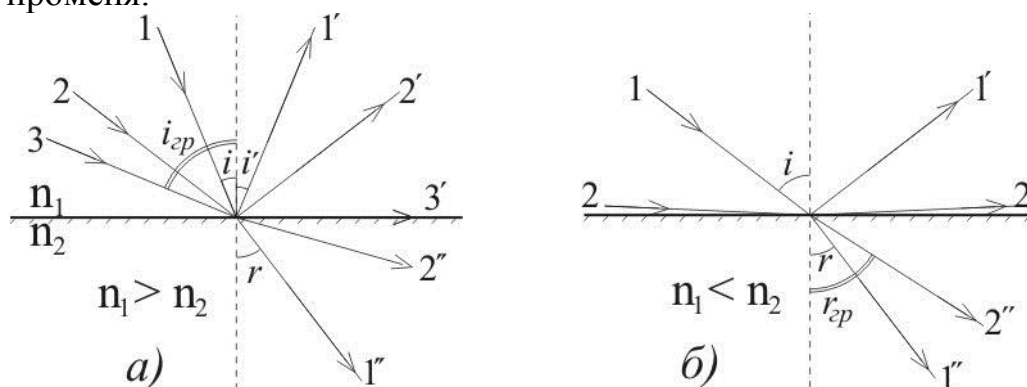


Рис. 1

Нехай промінь світла падає на границю розподілу двох середовищ (рис. 1 а) з боку оптично більш щільного середовища ($n = n_1$). Для кутів падіння i , менших граничного i_{sp} , світло частково заломлюється в оптично менш щільне середовище ($n = n_2$), а частково відбивається. Закон заломлення світла для цього випадку запишеться

$$\sin i / \sin r = n_2 / n_1. \quad (2)$$

При деякому куті $i_{sp} \leq i \leq 90^\circ$ заломлений промінь відсутній, настає повне внутрішнє відбиття. При цьому у відбитих променів утвориться границя між

світлою областю (повне відбиття) і півтінною (часткове відбиття). Граничний кут i_{cp} відповідає куту заломлення $r = 90^0$. Отже, згідно (2)

$$\sin i_{cp} = n_2 / n_1. \quad (3)$$

Знаючи показник заломлення одного із середовищ і визначаючи дослідним шляхом граничний кут, можна за допомогою (3) визначити показник заломлення другого середовища.

Нехай світло падає на границю розподілу з боку оптично менш щільного середовища (рис. 1б). У цьому випадку кут заломлення r менше кута падіння й дорівнює граничному значенню r_{cp} при куті падіння $i = 90^0$ (ковзний промінь). В результаті в заломлених променях утвориться різка границя між світлою й темною областями. Величина граничного кута й у цьому випадку визначається формулою (3).

Оптична схема рефрактометра Аббе й хід променів при вимірі показника заломлення рідини по методу ковзного променя показані на рис. 2 (додаток 1).

Прилади й приладдя: рефрактометр РФ-22, освітлювач, дісцилірована вода, розчини з різними концентраціями солей, скляна паличка, м'яка серветка.

Завдання. Визначення показників заломлення розчинів.

У цій роботі визначаються показники заломлення розчинів у воді повареної солі різної концентрації.

1. Відкидають верхню частину вимірювального вузла.
2. Виконують кілька контрольних вимірів показника заломлення дісцилірованої води, щоб переконатися в правильній роботі приладу. Для цього на поверхню вимірювальної призми скляною паличкою наносять декілька крапель води й обережно закривають верхню частину вимірювального вузла.
3. Через вікно 15 (рис. 3) спостерігають, чи повністю досліджувана рідина заповнила зазор між вимірювальною й освітлювальною призмами. Установлюють дзеркало 13 так, щоб світло від освітлювача через вікно 15 надходило в освітлювальну призму й рівномірно висвітлювало поле зору.
4. Спостерігаючи в окуляр зорової труби й обертаючи маховичок 10, знаходять границю розділу світла і тіні. Маховичком 11 усувають її забарвленість. Потім маховичком 10 точно сполучають границю розділу з перехрестям сітки й знімають відлік по шкалі показників заломлення. Індексом для відліку слугує нерухомий горизонтальний штрих сітки. Цілі, десяті, соті й тисячні частки значення показника заломлення відраховують по шкалі, десятитисячні частки оцінюються на око. Показник заломлення дісцилірованої води $n = 1,3330$.
5. Аналогічно визначають показники заломлення розчинів солі з відомими концентраціями. Виміри повторюють не менш трьох разів для кожного розчину й знаходять середні значення показників заломлення. **Після кожного розчину ретельно витирають поверхні призм фланелевою серветкою, яку змочено в дісцилірованій воді, а наприкінці роботи - сухою.**
6. Будують графік залежності $n = f(C\%)$
7. Вимірюють показники заломлення розчинів солі з невідомою концентрацією

за аналогією з п.п. 4 й 5 і за графіком визначають ці концентрації.

8. По формулі (1) розраховують швидкості поширення світла в досліджуваних розчинах.

9. Результати вимірів й обчислень заносять у таблицю 1.

Таблиця 1

C %							
n							
< n >							
v м/с							

Контрольні питання

1. У чому полягає явище заломлення світла? Повного внутрішнього відбиття? Показати на рисунку.
2. Що називається абсолютним показником заломлення речовини. Яке середовище вважається оптично більш щільним?
3. В чому полягає явище дисперсії світла
4. Назвіть основні вузли технічного рефрактометра РФ-22.
5. Яка роль компенсатора в цьому приладі?

Оптична схема рефрактометра

Додаток 1

Оптична схема рефрактометра Аббе й хід променів при вимірі показника заломлення рідини по методу ковзного променя показані на рис. 2. Основною частиною рефрактометра є

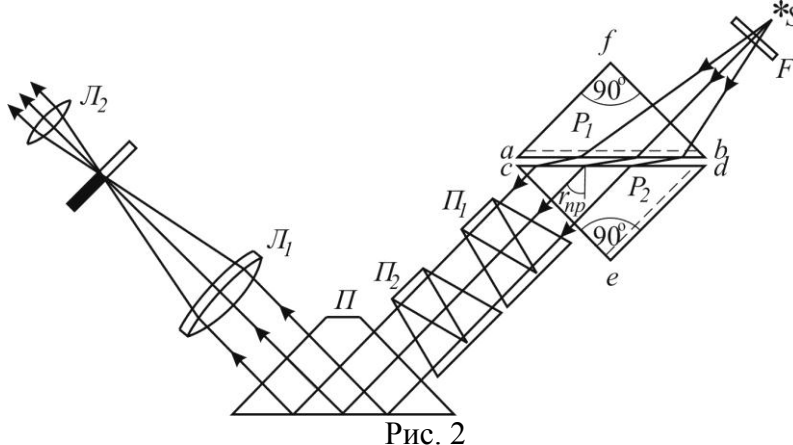


Рис. 2

прямокутні призми P_1 і P_2 . Вони виготовлені зі скла з великим показником заломлення. У розрізі мають вигляд прямокутних трикутників, звернених один до одного гіпотенузами. Між ними є зазор порядку 0,1 мм для нанесення досліджуваної рідини. Світло від джерела S проходить в призму P_1 через грань fb і попадає в рідину через матову грань ab . Світло, яке розсіяне матовою поверхнею,

проходить шар рідини й під усілякими кутами падає на грань cd призми P_2 . Відповідно до вище викладеного заломлені промені з кутами більше r_{cp} не виникають. У зв'язку із цим кут виходу променів із грані ce може змінюватися лише в невеликому інтервалі. Якщо ці промені пропустити через лінзу L_1 , то в її фокальній площині спостерігається різка границя світла й темряви, що розглядається за допомогою лінзи L_2 . Лінзи L_1 і L_2 утворять зорову трубу, яка встановлена на нескінченність. В їх загальній фокальній площині перебуває зображення шкали величин показника заломлення й покажчика (нитка й перехрестя). Обертаючи систему призм, змінюючи тим самим нахил граничного пучка променів щодо осі зорової труби, можна домогтися, щоб границя світла й тіні виявилася в полі зору окуляра L_2 і збіглася з положенням покажчика. Шкала показників заломлення жорстко пов'язана із системою призм P_1 і P_2 і повертається разом з ними. Значення показника заломлення рідини відліковується по шкалі на рівні різкої границі світла й тіні.

Розглянемо випадок, коли джерело світла S не є монохроматичним. Тоді спостерігається явище дисперсії, тобто залежності показника заломлення від довжини хвилі $n = f(\lambda)$. Ця залежність для різних речовин різна. Говорять, що кожна речовина має свою дисперсію. У результаті дисперсії границя світла й темряви, спостережувана в окулярі, виявляється розмитою й пофарбованою. Щоб і у цьому випадку одержати різку границю, на шляху променів,

що вийшли із призми P_2 , ставлять компенсатор зі змінною дисперсією. Він складається із призм P_1 і P_2 , кожна з яких складається із трьох призм з різними показниками заломлення й різною дисперсією. Призми розраховуються так, щоб монохроматичний промінь із довжиною хвилі $\lambda_D = 589,3$ нм (жовта лінія натрію) не зазнавав відхилення. Промені з іншими довжинами хвиль відхиляються в ту або іншу сторону. Призми можуть повертатися одна щодо іншої. Залежно від їхньої взаємної орієнтації дисперсія компенсатора може змінюватися від нуля до подвоєного значення дисперсії однієї призми. Обертаючи ручку компенсатора, потрібно домагатися того, щоб границя світла й тіні стала досить різкою. Положення границі при цьому і відповідає довжині хвилі λ_D , для якої і приводяться звичайно в довідниках показники заломлення різних речовин.

Конструкція приладу

Додаток 2

Рефрактометр ІРФ-22 складається з таких основних частин (рис. 3): корпусу 1, вимірювальної голівки 2 і зорової труби 3 з відліковим пристроєм.

Вимірювальна голівка, яка змонтована на корпусі приладу, являє собою дві литих півкулі, які слугують оправами вимірювальної й освітлювальної призм.

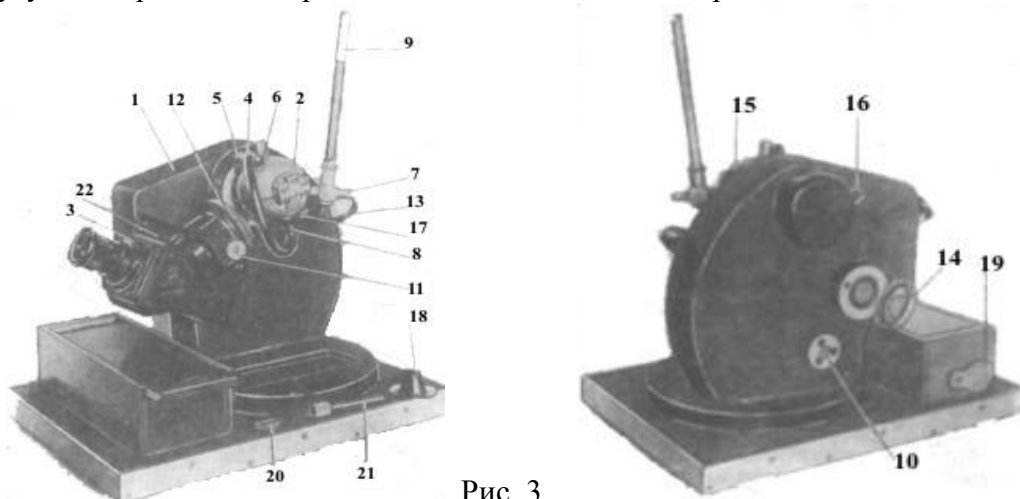


Рис. 3

Оскільки показник заломлення речовини (особливо рідини) значною мірою залежить від температури, при вимірах вона повинна підтримуватися постійною. Для цього в оправах призм передбачені камери, через які пропускається вода. Подача і відвід її здійснюється через гумові шланги 4, що натягають на штуцери 5, 6, 7 і 8. Для спостереження за сталістю температури в оправу призм угвинчується термометр 9.

Вимірювальна голівка жорстко з'єднана зі шкалою відлікового пристрою, розташованого усередині корпусу приладу.

Щоб знайти границю розділу й сполучити її з перехрестям сітки, потрібно, обертаючи маховичок 10, нахилити вимірювальну голівку до потрібного положення.

Для усунення забарвленості спостережуваної границі розподілу при вимірі в білому світі і визначення середньої дисперсії речовини слугує компенсатор, що складається із двох призм прямого зору (призм Амічі). Маховичком 11 можна обертати призми одночасно в різні сторони, міняючи при цьому дисперсію компенсатора і усуваючи кольорову облямівку границі розподілу. Разом з компенсатором обертається барабан 12 зі шкалою, по якій визначають середню дисперсію речовини. Досліджувана речовина підсвічується дзеркалом 13, а шкала показників заломлення – дзеркалом 14.

Література

1. Кучерук Й.М., Горбачук Й.Т. Загальний курс фізики, т. 3, 2006.
2. Лабораторні заняття по фізиці. Під ред. Л.Л. Гольдіна, Москва, Наука, 1983.

Укладачі: Глушко Л.М., Лютий О.І., Курнат Н.Л.