

Кемеровский государственный университет

Кафедра общей физики

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО ОПТИКЕ

для студентов химического факультета

часть 1

Кемерово 2016

Оглавление

Лабораторная работа №1	3
ЛИНЗЫ. МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ.....	3
Краткая теория.....	3
Экспериментальная часть.....	6
Контрольные вопросы	10
Лабораторная работа № 2	12
ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА	12
Теоретическая часть.....	12
Экспериментальная часть.....	13
Контрольные вопросы	17
Лабораторная работа № 3	19
ИЗУЧЕНИЕ ДИФРАКЦИИ ФРАУНГОФЕРА НА РАЗЛИЧНЫХ СТРУКТУРАХ	19
Теоретическая часть.....	19
Экспериментальная часть.....	21
Контрольные вопросы	24
Лабораторная работа №5	25
ИССЛЕДОВАНИЕ ДИФРАКЦИОННОЙ РЕШЕТКИ С ПОМОЩЬЮ ГОНИОМЕТРА	25
Теоретическая часть.....	25
Экспериментальная часть.....	27
Контрольные вопросы	30
Лабораторная работа №12	32
ФОРМУЛА ЛОРЕНЦ-ЛОРЕНТЦА И ОСНОВЫ РЕФРАКТОМЕТРИИ	32
Теоретическая часть.....	32
Экспериментальная часть.....	37
Контрольные вопросы	39

ЛИНЗЫ.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

Цель работы:

1. Рассмотреть основные положения геометрической оптики, освоить методики определения фокусных расстояний линз;
2. Приобрести навыки моделирования простейших оптических приборов (лупа, микроскоп) и уметь рассчитывать их увеличение.

Приборы и принадлежности: источник света, набор собирающих линз, экран, зрительная труба, линейка, объекты наблюдений.

Краткая теория

Волновая оптика в основу анализа всех явлений кладет процесс распространения электромагнитных (световых) волн в пространстве.

В случае однородной среды, в которой распространяются световые волны с неограниченным фронтом (плоские, сферические, эллиптические) энергия потока электромагнитных волн «течет» в направлениях движения вектора Пойтинга. Под **световыми лучами** понимают нормальные к волновым поверхностям линии, вдоль которых распространяется поток световой энергии. Геометрическая оптика, оставаясь приближенным методом построения изображений в оптических системах, позволяет разобрать основные явления, связанные с прохождением через них света, и является основой теории оптических приборов.

Непременной и самой существенной деталью оптических приборов является линза.

Линза – это тело из оптически прозрачного вещества (стекло, прозрачные кристаллы, пластмассы и т. д.), ограниченное с двух сторон двумя сферическими (или одной сферической и одной плоской) поверхностями, преломляющими световые лучи, способные формировать оптические изображения предметов. Преломление лучей в двояковыпуклой линзе показано на рис. 1.

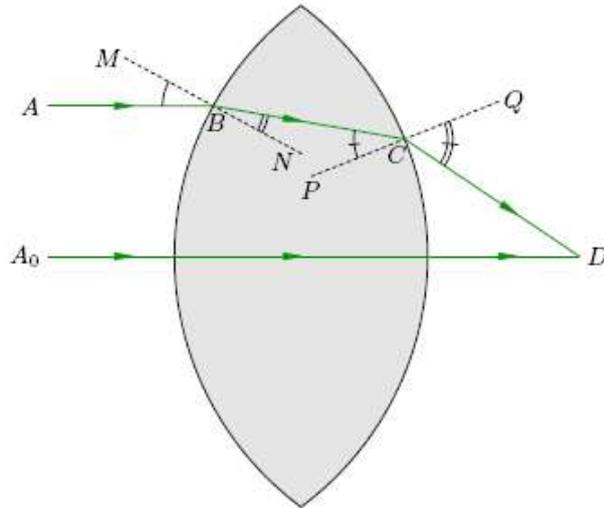


Рис. 1. Преломление в двояковыпуклой линзе

Линза называется **тонкой**, если ее толщина (расстояние между ограничивающими поверхностями) значительно меньше по сравнению с радиусами поверхностей, ограничивающими линзу. Прямая, проходящая через центры кривизны поверхностей линзы, называется главной **оптической осью**. Для всякой линзы существует точка, называемая **оптическим центром линзы**, лежащая на главной оптической оси и обладающая тем свойством, что лучи проходят сквозь нее не преломляясь.

Вывод формулы тонкой линзы (1) – соотношения, связывающего радиусы кривизны R_1 и R_2 поверхностей линзы с расстояниями a и b от линзы до предмета и его изображения, основывается на **принципе Ферма** или **принципе наименьшего времени**: действительный путь распространения света (траектория светового луча) есть путь, для прохождения которого свету требуется минимальное время по сравнению с любым другим мыслимым путем между теми же точками.

$$\frac{1}{b} - \frac{1}{a} = (n - 1) \cdot \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) = \frac{1}{f} = D, \quad (1)$$

где f – фокусное расстояние линзы; D – оптическая сила линзы, n – относительный показатель преломления материала линзы к показателю среды $n = \frac{n_{\text{л}}}{n_{\text{ср}}}$.

Фокус – это точка, в которой после преломления собираются все лучи, падающие на линзу параллельно главной оптической оси.

Линзы с положительной оптической силой называются собирающими, с отрицательной – рассеивающими линзами. Плоскости, проходящие через фокусы линзы перпендикулярно ее главной оптической оси, называются **фокальными плоскостями**.

Если $\alpha = -\infty$, т.е. лучи падают на линзу параллельным пучком, то они соберутся в фокусе F ($b = f$) (рис. 2). Для двояковыпуклой линзы $R_1 > 0, R_2 < 0$ и, следовательно, $f < 0$, т. е. первый фокус лежит слева от нее. При расчетах с использованием формулы (1) расстояния справа от линзы берутся со знаком «+», слева со знаком «-» (правило знаков). В отличие от собирающей линзы (рис. 2 а), рассеивающая линза имеет мнимые фокусы. В мнимом фокусе сходятся (после преломления) воображаемые продолжения лучей, падающих на рассеивающую линзу параллельно главной оптической оси (рис. 2 б).

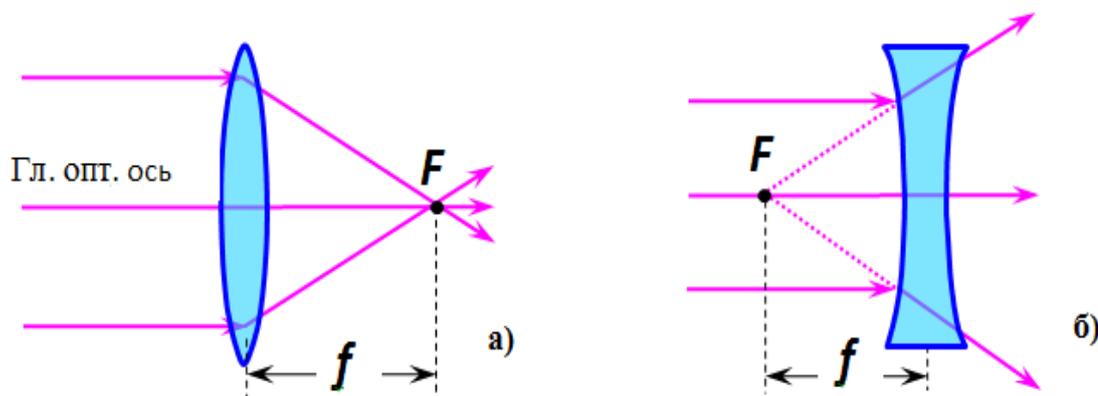


Рис. 2. Фокус собирающей линзы (а) и фокус рассеивающей линзы (б)

Большинство оптических инструментов относятся к центрированным системам, у которых центры кривизны всех поверхностей расположены на одной прямой (главная оптическая ось).

Нарушение гомоцентричности пучков (от точки) приводят к появлению погрешностей (аббераций) изображения, создаваемого оптической системой. Среди недостатков линз перечислим следующие, физическую сущность которых студентам необходимо изучить самостоятельно:

- 1) сферическая абберация;
- 2) кома;
- 3) астигматизм;
- 4) дисторсия;
- 5) хроматическая абберация.

Уменьшение многочисленных аббераций возможно лишь путем устройства сложных специально рассчитанных систем. Однако устранить одновременно все абберации – неразрешимая задача.

Уменьшение многочисленных аббераций возможно лишь путем устройства сложных специально рассчитанных систем. Однако устранить одновременно все абберации – неразрешимая задача.

Экспериментальная часть

Описание установки

Установка (рис. 3) состоит из оптической скамьи, на одном конце которой установлен рейтер с осветителем, который включается в сеть через понижающий трансформатор. Вплотную к осветителю с матовой пластиной помещается прозрачный объект, играющий роль предмета, посылающего свет на линзу. На другом конце скамьи устанавливается рейтер с экраном. Между экраном и предметом помещают поочередно исследуемые собирающие линзы.

Упражнение № 1. Определение фокусного расстояния тонкой собирающей линзы ($D > 0$)

1. На оптическую скамью установите объект исследования, собирающую линзу и зрительную трубу. Важно, чтобы центры объекта, линзы и зрительной трубы были расположены на одной линии.
2. Передвигая линзу, добейтесь четкого изображения объекта в зрительной трубе (иногда объект виден не полностью). Это означает, что светящийся объект находится в фокальной плоскости собирающей линзы, так как зрительная труба, настроена на бесконечность. Расстояние между объектом и центром линзы в этом случае и будет равно фокусному расстоянию f (рис. 4).

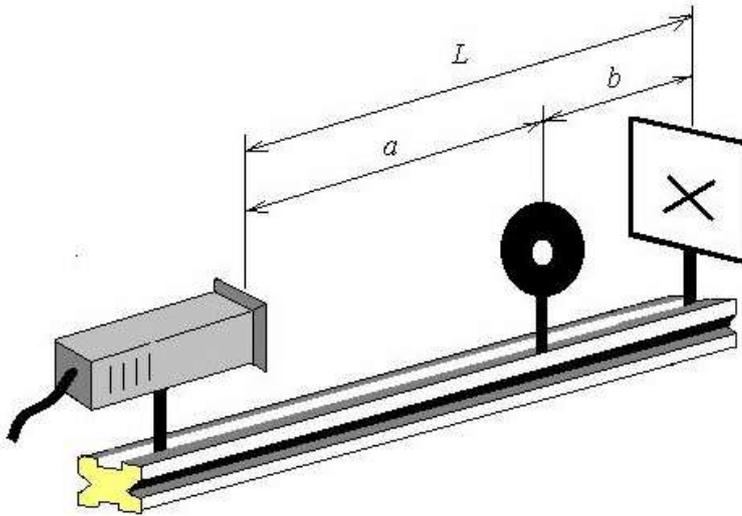


Рис. 3. Экспериментальная установка

3. Проведите аналогичные измерения для всех собирающих линз.
4. Рассчитайте оптическую силу линз по формуле:

$$D = \frac{1}{f} \quad (2)$$

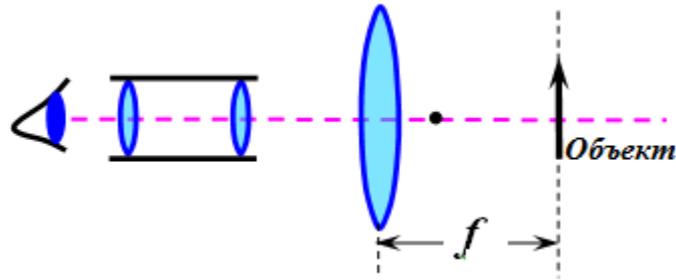


Рис.4. Измерение фокусного расстояния линзы

Упражнение № 2. Расчет увеличения лупы

Оптические системы, состоящие из линз, призм, зеркал и т.д., смонтированные определенным образом, представляют собой оптические приборы. Простейший прибор – лупа. Это короткофокусная собирающая линза. Предмет, который рассматривается с помощью лупы, располагают между линзой и ее фокусом (рис. 5).

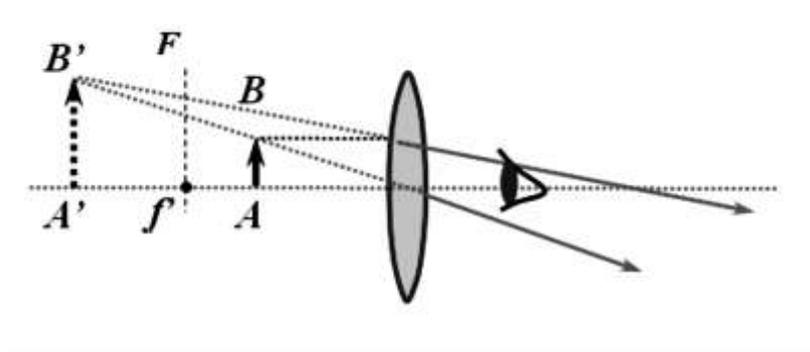


Рис. 5. Ход лучей в лупе

1. Выберите из набора линз две собирающих с наибольшим и наименьшим значением фокусных расстояний f_1 и f_2 .
2. Установите собирающую линзу так, чтобы светящийся объект оказался расположенным в соответствии с рис. 6. Рекомендуется сначала установить линзу таким образом, чтобы объект оказался в фокусе данной линзы. Далее двигаем линзу к объекту до тех пор, пока в линзе не появится четкое изображение объекта.
3. Линейкой измерьте высоту самого объекта AB и высоту изображения объекта $A'B'$ наблюдаемого в линзе.
4. Повторите измерения для второй собирающей линзы.

5. Рассчитайте экспериментальное значение увеличения $\gamma_э$ каждой лупы формуле:

$$\gamma_э = \frac{A'B'}{AB} \quad (3)$$

6. Рассчитайте теоретическое значение увеличения $\gamma_т$ каждой лупы формуле:

$$\gamma_т = \frac{d}{f}, \quad (4)$$

где d – расстояние наилучшего зрения нормального глаза, равное 25 см; f – фокусное расстояние линзы.

7. Сопоставьте экспериментальное значение увеличения лупы с теоретическим.

Упражнение № 3. Моделирование микроскопа

При рассматривании очень мелких предметов нужны значительные увеличения, недостижимые с помощью простой лупы. Для этой цели необходима более сложная оптическая система – микроскоп.

Для моделирования микроскопа возьмите две короткофокусные линзы. Линза с наименьшим фокусом будет служить объективом, вторая – окуляром.

1. Расположите на оптической скамье строго на одной оси объект исследования, объектив и матовый экран так, чтобы на экране наблюдалось четкое увеличенное изображение объекта. Зафиксируйте положение экрана и уберите его.

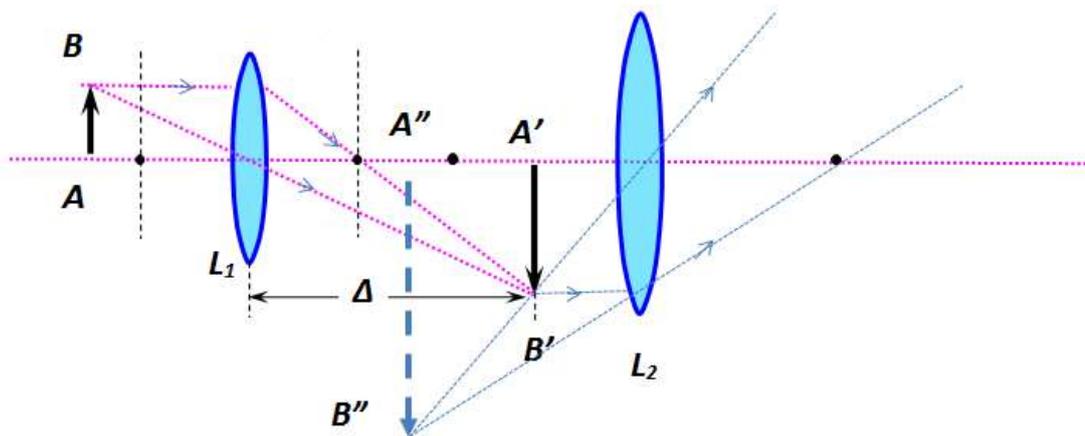


Рис. 6. Моделирование микроскопа

2. Расположите окуляр так, чтобы место положения экрана оказалось в фокусе линзы-окуляра (рис. 6).
3. Надвигая окуляр на объектив, получите четкое, увеличенное изображение объекта.
4. Измерьте высоту предмета AB и высоту его изображения $A'B'$ линейкой.
5. Рассчитайте экспериментальное значение увеличения микроскопа $\gamma_{м.э}$ по формуле:

$$\gamma_{м.э} = \frac{A'B'}{AB}. \quad (5)$$

6. Сопоставьте экспериментальное значение увеличения микроскопа $\gamma_{м.э}$ с теоретическим значением величины увеличения микроскопа $\gamma_{м.т}$, рассчитанным по формуле:

$$\gamma_{м.э} = \gamma_{об} \cdot \gamma_{ок}, \quad (6)$$

где $\gamma_{об}$ значение увеличения линзы-объектива; $\gamma_{ок}$ значение увеличения линзы-окуляра.

Контрольные вопросы

1. Каковы условия перехода волновой оптики в геометрическую? В каких случаях и почему оправданы методы геометрической оптики?
2. Что такое «оптический путь»? В чем заключается принцип Ферма, применительно к оптике?

3. Что означает термин «тонкая линза»?
4. Может ли выпуклая линза быть рассеивающей? Что такое «оптическая сила линзы»? Что такое фокус линзы?
5. Что понимают под главной оптической осью линзы?
6. Какие точки называют главными фокусами, оптическим центром линзы?
7. Как определить фокусное расстояние собирающей линзы? рассеивающей линзы?
8. Какую величину называют линейным увеличением линзы?
9. Какие недостатки присущи линзам? Их причина.
10. Что же увеличивают оптические системы, вооружающие глаз человека?
11. Постройте изображение предмета тонкими линзами, микроскопом.
12. От чего зависит увеличение зрительной трубы (микроскопа) и ее разрешающая способность?

ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА

Цель работы:

1. С помощью лазера получить интерференционные картины по схеме Френеля;
2. Определить преломляющий угол бипризмы Френеля.
3. Рассчитать поляризуемость молекул воздуха.

Приборы и принадлежности: гелий-неоновый лазер ($\lambda = 632,8 \text{ мм}$), держатель с двумя щелями, бипризма Френеля, экран, оптическая скамья; источник света, интерферометр Жамена, манометр, зрительная труба.

Теоретическая часть

При пересечении в пространстве когерентных волн имеет место явление интерференции. Оно наблюдается и в оптике, подтверждая волновую природу света.

Интерференция – это физическое явление, заключающееся в перераспределении энергии в пространстве, где имеет место пересечение волн.

Но для наблюдения интерференции необходимо выполнение, по крайней мере, трех условий:

1. Частота волны должна быть одинакова $\nu_1 = \nu_2 = \nu_3 = \dots = \nu_n$, $\omega_1 = \omega_2 = \omega_3 = \dots = \omega_n$, где $\omega = 2\pi\nu$.
2. Фазы волн могут быть разными $\varphi_1 \neq \varphi_2$, но разность фаз должна оставаться неизменной ($\varphi_1 - \varphi_2 = \text{const}$).
3. Оптическая разность хода волн Δ до пересечения должна быть меньше длины когерентности:

$$\Delta = n_2 L_2 - n_1 L_1 \leq l_{\text{ког}} = C \cdot \tau_{\text{ког}},$$

где $\tau_{\text{ког}}$ и $l_{\text{ког}}$ – время и длина когерентности соответственно; nL – оптический путь; n – абсолютный показатель преломления среды.

Интерференции не будет, если волны поляризованы во взаимно перпендикулярных направлениях (Араго и Френель, 1816г.)

В случае пересечения двух плоских монохроматических волн

$$\vec{E}_1 = \vec{E}_0 \cos(\alpha t - kL_1 + \varphi_1) \quad (1)$$

$$\vec{E}_2 = \vec{E}_0 \cos(\alpha t - kL_2 + \varphi_2) \quad (2)$$

интенсивность света в точке пересечения будет:

$$I = 4I_0 \cos^2 \frac{k\Delta}{2} = 2I_0(1 + \cos k\Delta) \quad (3)$$

Для вакуума ($n=1$) можно получить:

1. Условие «*max*» – $\Delta = L_2 - L_1 = m\lambda$ – светлая полоса

2. Условие «*min*» – $\Delta = L_2 - L_1 = (2m + 1)\frac{\lambda}{2}$ – темная полоса,

где число m называют порядком интерференции.

Свет, испускаемый обычными, не лазерными, источниками, не бывает строго монохроматическим. Поэтому для наблюдения интерференции свет от одного источника необходимо разделить на два пучка и затем наложить друг на друга.

Существующие экспериментальные методы получения когерентных пучков из одного светового пучка можно разделить на два класса.

В методе деления волнового фронта, например, пучок пропускается через два близко расположенных отверстия в непрозрачном экране. Такой метод пригоден лишь при достаточно малых размерах источника. *В методе деления амплитуды* пучок делится на одной или нескольких поверхностях, частично отражающих или пропускающих свет.

Экспериментальная часть

Упражнение 1.

Наблюдать интерференцию проще всего с помощью лазера, т.к. лазерное излучение характеризуется большой длиной когерентности $l_{\text{ког}}$ и, следовательно, порядки интерференции « m » могут быть очень большими.

В этом опыте реализуется один из способов получения когерентных световых волн – метод деления волнового фронта. Для разделения световой волны на две используется призма с углом при вершине, близким к 180° .

С помощью собирающей линзы высокого качества (микробъектив от микроскопа) параллельный лазерный пучок фокусируется, и фокальная точка служит точечным источником S, фронт волны от которого имеет сферическую форму. Схема опыта представлена на рис. 1.

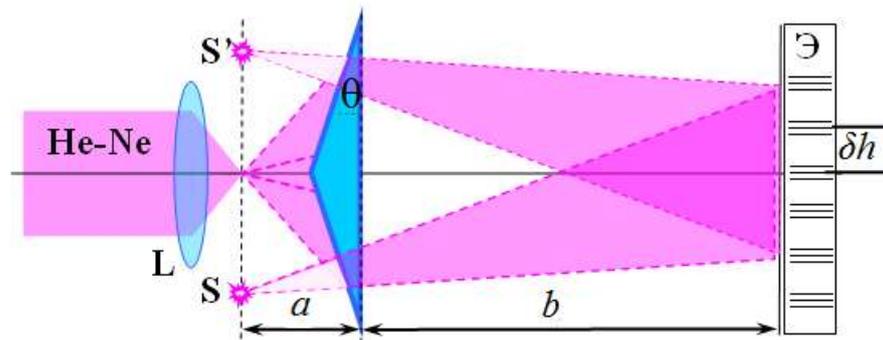


Рис. 1. Наблюдение интерференции света с помощью бипризмы Френеля

Порядок выполнения упражнения

1. Включите лазер и направьте его на экран по центру оптической скамьи.
2. Поставьте на пути луча короткофокусную линзу L ($f=20-30$ мм). Добейтесь, чтобы центр пятна на экране приходился на то место, где был след от несфокусированного луча лазера.
3. На пути расходящегося пучка поставьте бипризму так, чтобы она «рассекала» пучок на две одинаковые части.
4. Чтобы интерференционная картина на экране была достаточно четкой, расположите на расстоянии $b \geq 2$ м.
5. Полученную картину необходимо зарисовать (не менее 11 полос).
6. Как видно из рис. 2 интерференционная картина на экране получается от 2-х мнимых источников S' и S'' , полученных от одного действительного S . Поэтому волны от S' и S'' являются когерентными. Расчет расстояний между соседними полосами на экране δh приводит к формуле:

$$\delta h = \frac{a + b}{2a(n - 1)\theta} \lambda, \quad (4)$$

позволяющей рассчитать в радианах преломляющий угол призмы θ ($n = 1,5$; $\lambda = 632,8$ нм).

Упражнение 2.

Метод деления амплитуды лежит в основе действия разнообразных интерферометров. В зависимости от числа интерферирующих

пучков различают двулучевые и многолучевые интерферометры. Они имеют важное научное и практическое применение.

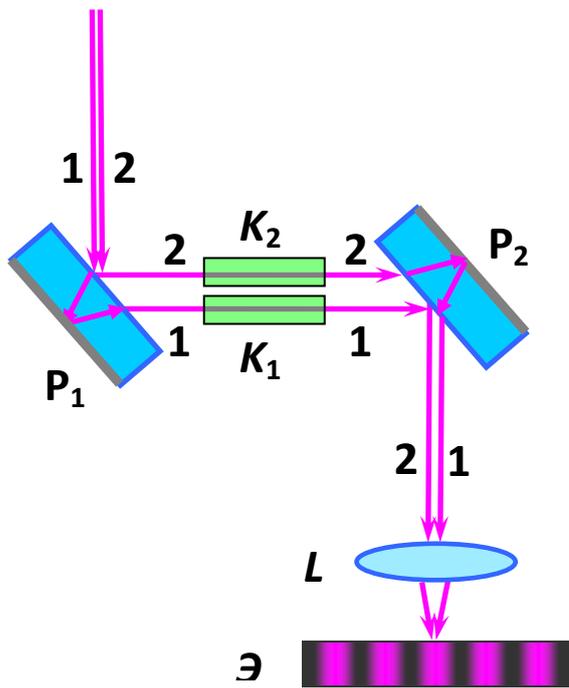


Рис. 2. Интерферометр Жамена

Рассмотрим принципиальную схему интерферометра Жамена. Главной частью интерферометра, изобретенного в прошлом веке Ж.Жаменом, являются две одинаковые толстые плоскопараллельные пластинки P_1 и P_2 посеребренные с одной стороны. Обычно эти пластинки располагаются так, чтобы между плоскостями был небольшой угол. Ход лучей в интерферометре изображен на рис. 2.

Свет от источника фокусируется конденсором через фильтр и, слегка расходящимся пучком падает на пластинку P_1 .

Интерференционные явления возникают только при суперпозиции лучей 1 и 2; остальные лучи ухудшают четкость картины.

Поскольку лучи 1 и 2 параллельны между собой, их интерференцию можно наблюдать с помощью зрительной трубы.

В промежутке между пластинами P_1 и P_2 расположены 2 кюветы K_1 и K_2 закрытые плоскопараллельными пластинками. Юстировка прибора осуществляется с помощью бумажного экрана и регулировочных винтов прибора.

Интерференционные полосы наблюдают в зрительную трубу. С помощью груши в кюветах можно создать избыточное давление ΔP или аналогичное разрежение, регистрируемое манометром. Если в одной кювете давление P_0 и показатель $n_0 = 1,0003$, то во второй, вследствие изменения давления показателя преломления, окажется равным n_x , и разность хода в приборе изменится на величину: $\Delta = \ell \cdot n_0 - \ell \cdot n_x = \ell(n_0 - n_x)$, где $\ell = 10\text{см}$. Вся интерференционная картина при этом сместится на « m » полос (т.к. $\Delta = m\lambda$), где « m » может быть и дробным числом.

В настоящей работе интерферометр Жамена применяется для исследования зависимости между давлением и показателем преломления воздуха. Как известно, показатель преломления газа связан с его плотностью простым соотношением:

$$n - 1 = 2\pi N \cdot \alpha, \quad (5)$$

где N – число молекул в единице объема, α – поляризуемость молекулы.

С другой стороны:

$$P = N \cdot kT, \quad (6)$$

где k – постоянная Больцмана ($k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{град}}$).

Из (5) и (6) следует

$$n - 1 = \frac{2\pi\alpha}{kT} \cdot \Delta P. \quad (7)$$

Из (6) немедленно следует, что при постоянной температуре изменение показателя преломления Δn и изменение давления ΔP связаны друг с другом простой зависимостью:

$$\Delta n = \frac{2\pi\alpha}{kT} \cdot \Delta P. \quad (8)$$

Величина Δn измеряется с помощью интерферометра, ΔP – с помощью манометра, цена деления которого 1 деления $\approx 0,25\text{мм.вод. столба}$. Одновременное измерение этих величин (и температуры) позволяет определить поляризуемость молекул воздуха. Следует отметить, что воздух является смесью нескольких газов; поэтому под поляризуемостью молекул воздуха нужно понимать некоторую среднюю величину, определяемую соотношением:

$$\alpha = \frac{1}{N} \sum_i \alpha_i N_i, \quad (9)$$

где α_i и N_i – поляризуемость и концентрация молекул различных газов, входящих в состав воздуха.

Выполнение эксперимента

1. В качестве источника света в установке используется лампа накаливания, рассчитанная на напряжение $U = (8 \div 12)V$. Это напряжение обеспечивает понижающий трансформатор. Красный светофильтр выделяет излучение с длиной волны $\lambda \approx 650\text{нм}$.

2. С помощью бумажного экрана необходимо проследить путь каждого луча до зрительной трубы и получить с помощью установочных винтов интерференционную картину из горизонтальных полос.

3. Определить исходное положение интерференционной картины по черному указателю в окуляре.

4. Для 5-6 значений избыточного давления ΔP , достигаемых сжатием резиновой груши, произвести расчет изменение показателя преломления Δn воздуха по формуле:

$$\Delta n = m \frac{\lambda}{l} \quad (10)$$

где m – порядок интерференции или числа полос, на которое происходит смещение интерференционной картины при каждом новом значении давления P , отсчитываемом по показателям манометра.

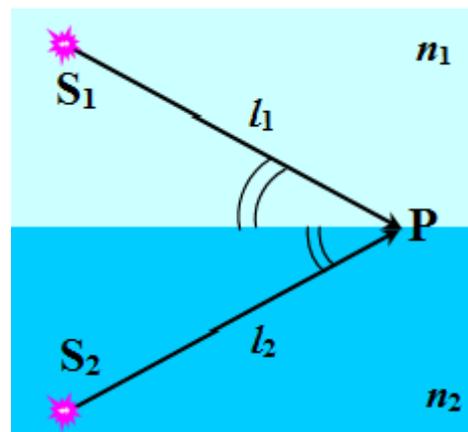
5. Постройте график зависимости Δn от ΔP .

6. По графику зависимости Δn от ΔP при данной температуре (T) вычислить среднюю поляризуемость α молекул воздуха, используя формулу (8).

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой свет?
2. В чем заключается явление интерференции волн?
3. При каких условиях наблюдается интерференция световых волн?
4. Дайте определение оптической разности хода световых лучей.
5. Запишите связь между оптической разностью хода и разностью фаз двух лучей.
6. Запишите условия максимума (минимума) при интерференции.
7. В чем состоит разница между явлениями интерференции и дифракции? В чем заключается их единство?

8. На рисунке S_1 и S_2 когерентные источники, $l_1 = l_2 = 0,1$ м. Лучи приходят в точку P , лежащую на границе раздела двух сред. Чему равна геометрическая и оптическая разность хода, если показатели преломления $n_1 = 1$ $n_2 = 1,5$?
9. Какие основные методы существуют для получения интерференционных картин?
10. В чем состоит разница между полосами равного наклона и равной толщины? Приведите примеры.
11. Сделайте вывод формулы для преломляющего угла бипризмы Френеля.
12. Что понимают под порядком интерференции?
13. Какой метод получения интерференции реализуется в интерферометре Жамена?
14. Что понимают под «поляризуемостью молекул»?
15. Линии равной толщины или равного наклона реализуются в интерферометре Жамена?



К заданию 5

ИЗУЧЕНИЕ ДИФРАКЦИИ ФРАУНГОФЕРА НА РАЗЛИЧНЫХ СТРУКТУРАХ

Цель работы: Провести прямые наблюдения и необходимые расчеты для случаев дифракции Фраунгофера на прямоугольном отверстии, на мелких, хаотически расположенных частицах.

Приборы и принадлежности: He-Ne-лазер, набор структур для дифракционных наблюдений, экран, измерительная линейка, собирающая линза ($f = 20$ мм).

Теоретическая часть

Дифракцией называется огибание волнами препятствий, встречающихся на их пути, или в более широком смысле – любое отклонение распространения

волн вблизи препятствий от законов геометрической оптики.

Благодаря дифракции волны могут попадать в область геометрической тени, огибать препятствия, проникать через небольшие отверстия в экранах и т. д.

Немецкий физик И. Фраунгофер рассмотрел дифракцию плоских световых волн или дифракцию в параллельных лучах. Дифракция Фраунгофера, имеющая большое практическое значение, наблюдается в том случае, когда источник света и точка наблюдения бесконечно удалены от препятствия, вызвавшего дифракцию.

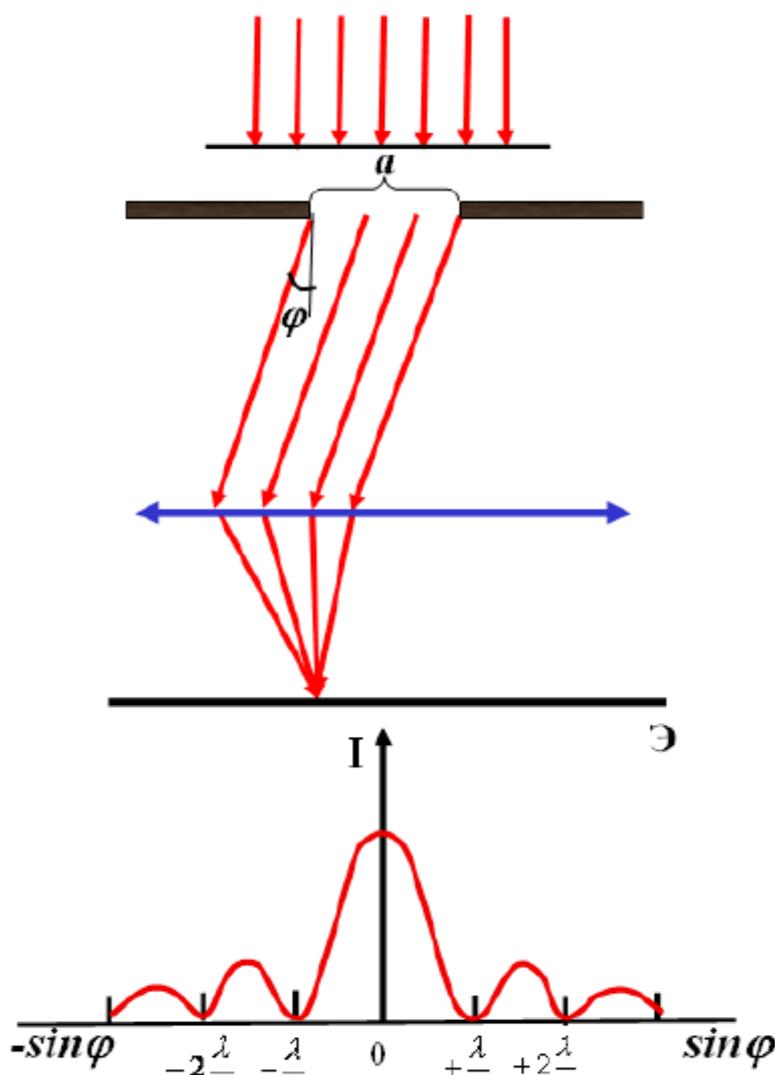


Рис.1. Дифракция Фраунгофера на щели.

Рассмотрим дифракцию Фраунгофера от бесконечно длинной щели (для этого практически достаточно, чтобы длина щели была значительно больше ее ширины). Пусть плоская монохроматическая световая волна с длиной волны λ падает нормально плоскости узкой щели шириной a (рис. 1). Условие наблюдения максимума освещенности на экране в произвольном направлении наблюдения под углом φ имеет вид:

$$a \sin \varphi = \pm(2k + 1) \frac{\lambda}{2}, (k = 1, 2, 3, \dots). \quad (1)$$

Отметим, что в направлении $\varphi = 0$ свет распространяется с наибольшей интенсивностью, т. е. в центре экрана наблюдается центральный максимум.

Дифракционный минимум (полная темнота) наблюдается при выполнении условия:

$$a \sin \varphi = \pm 2k \frac{\lambda}{2} = \pm k\lambda, (k = 1, 2, 3, \dots). \quad (2)$$

Распределение интенсивности на экране, получаемое вследствие дифракции (дифракционный спектр), приведено на рис. 1. Расчеты показывают, что основная часть световой энергии сосредоточена в центральном максимуме. Из опыта и соответствующих расчетов следует, что сужение щели приводит к тому, что центральный максимум расплывается, а интенсивность уменьшается (это, естественно относится и к максимумам). Наоборот, чем щель шире ($a > \lambda$), тем картина ярче, но дифракционные полосы уже, а число самих полос больше. При $a \gg \lambda$ в центре получается резкое изображение источника света, т. е. имеет место прямолинейное распространение света.

Случай круглого отверстия можно описать, опираясь на случай прямоугольного отверстия, т.к. это отверстие можно разбить на полоски.

Общий ход распределения интенсивности в дифракционной картине будет подобен случаю прямоугольного отверстия, но максимумы и минимумы располагаются, конечно, в виде концентрических колец.

Случай круглого отверстия представляет собой особый интерес, т.к. все оправы линз и объективов в оптике имеют обычно круглую форму.

Если в экране имеется не одно, а N хаотически расположенных отверстий, то получается такая же дифракционная картина, как и от одного, но только более интенсивная $I = NI_1$. Интенсивность отдельных картин арифметически складываются, но сами картины между собой не интерферируют.

Для нашей работы хаотически расположенных отверстий легко использовать споры ликоподия, зажатые между стеклянными пластинами. Споры имеют форму шариков практически одинаковых размеров r . При освещении такой системы параллельным лазерным пучком на удаленном экране возникает дифракционная картина, состоящая из концентрических колец. Описанное явление наблюдается в природе в виде венцов вокруг Солнца и Луны. Венцы возникают в результате дифракции света на водяных капельках (или кристалликах льда), когда перед светилом проходит облако или туман. Угловые радиусы венцов не превосходят 5° .

Экспериментальная часть

Упражнение № 1. Дифракция Фраунгофера на прямоугольном отверстии

На оптической скамье (рис. 2) располагают лазерный излучатель и оправу со щелью, на экране наблюдают дифракционную картину.

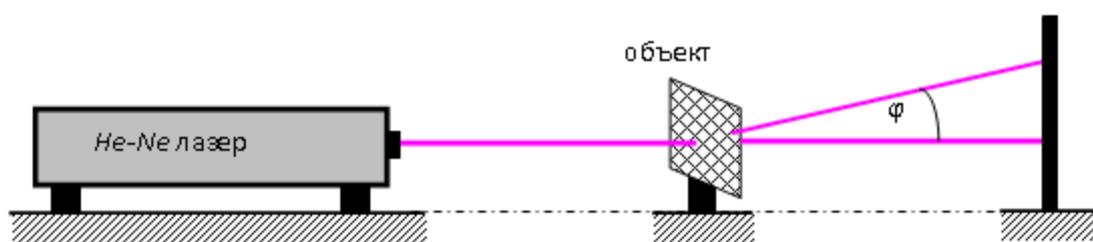


Рис. 2. Схема экспериментальной установки

1. Направьте лазерный луч на диафрагму со щелью.
2. Подберите расстояние от экрана до щели L таким образом, чтобы вы могли наблюдать четкое изображение дифракционной картины (рис. 3).



Рис.3. Картина дифракции на узкой щели.

3. Измерьте расстояние L от экрана до щели.
4. Перенесите эту картину на бумагу и рассчитайте синус угла, при котором наблюдается минимум интенсивности. При расчетах воспользуйтесь следующими соображениями. Поскольку расстояние от щели до экрана L много больше размеров щели, то угол φ можно считать малым. Для малых углов справедливо соотношение $\sin \varphi \approx \operatorname{tg} \varphi$. В этом случае (рис. 4),

$$\sin \varphi = \frac{x_k}{L} \quad (3)$$

Здесь x_k – расстояние от середины центральной полосы до k -ой

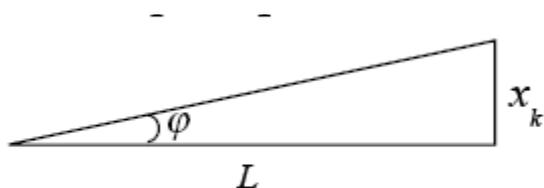


Рис. 4.

темной полосы. С помощью линейки определите расстояния x_k для трех порядков дифракции. Полученные измерения занесите в табл. 1.

При подстановке выражения (3) в условие дифракционных минимумов (2) можно получить выражение для расчета ширины щели a

$$a = \frac{k\lambda L}{x_k}, (k = 1, 2, 3, \dots). \quad (4)$$

По формуле (4) рассчитайте размер щели, учитывая, что длина волны лазера $\lambda = 632,8$ нм.

5. Рассчитайте среднее значение ширины щели и погрешность измерения.

Таблица 1.

№ min	x , мм	L , мм	$\sin \alpha$	a , мм	$a_{\text{ср}} \pm \Delta a$

Упражнение № 2. Дифракция Фраунгофера на хаотически расположенных одинаковых частицах

На пути лазерного луча помещают ликоподий (споры растений плауна), который рассыпан между двумя стеклами. Порошок ликоподия представляет собой двумерную систему однородных, но хаотически расположенных, дифрагирующих свет центров. На экране усиливается дифракционная картина, на которой проявляется система концентрических темных и светлых колец. Радиусы темных колец связаны со средним диаметром частиц, который требуется определить; угловые радиусы α темных колец подчиняются условиям:

$$\sin \alpha_1 = 0,61 \frac{\lambda}{r}; \quad \sin \alpha_2 = 1,11 \frac{\lambda}{r}; \quad \sin \alpha_3 = 1,62 \frac{\lambda}{r},$$

где r – радиусы частицы вызывающей дифракцию света с длиной волны λ .

Отметим, что дифракционные кольца пронумерованы, начиная с первого темного кольца, окружающего центральный светлый круг.

Для определения радиуса частиц, находят из опыта значения углов α . Очевидно, что $\text{tg} \alpha = \frac{R}{L}$, где R – линейный радиус соответствующего дифракционного кольца на экране и L – расстояние от объекта с ликоподием до экрана.

Полученные измерения занесите в табл. 2.

Таблица 2.

№ min	R , мм	L , мм	$\sin \alpha$	r , мм	$r_{\text{ср}} + \Delta r$

Контрольные вопросы

1. Какое явление называется дифракцией?
2. Сформулируйте принцип Гюйгенса-Френеля.
3. Как зависит характер дифракции световых волн от размеров отверстий и частиц?
4. Запишите условия максимума и минимума для дифракции Фраунгофера.
5. С какой точностью можно измерить размеры спор ликоподия, если их рассматривать с помощью оптического микроскопа?
6. В чем заключается метод зон Френеля?

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИФРАКЦИОННОЙ РЕШЕТКИ С ПОМОЩЬЮ ГОНИОМЕТРА

Цель работы:

1. Изучение дифракционной решетки.
2. Определение длины волны линий в спектре излучения ртути.
3. Определение разрешающей способности дифракционной решетки.

Приборы и принадлежности: дифракционная решетка, гониометр, ртутная лампа с блоком питания.

Теоретическая часть

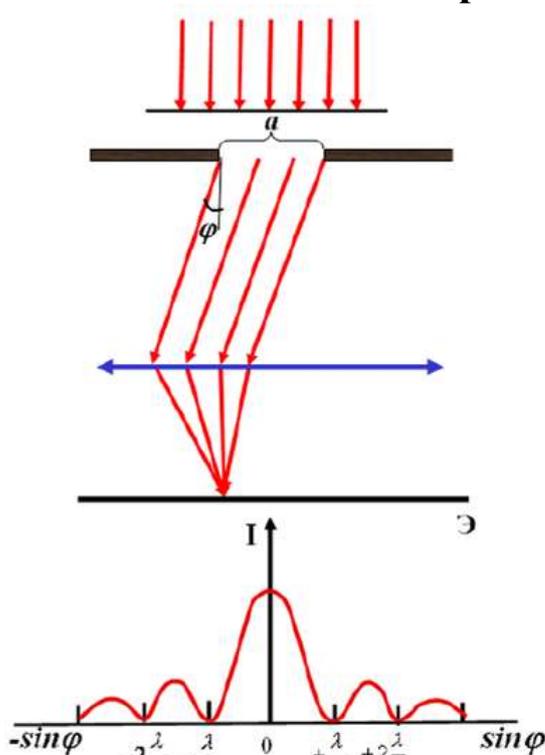


Рис. 1. Дифракция Фраунгофера на щели

Для понимания получения дифракционной картины при прохождении света через дифракционную решетку вспомним, что **дифракцией** называется огибание волнами препятствий, встречающихся на их пути, или в более широком смысле – любое отклонение распространения волн вблизи препятствий от законов геометрической оптики.

Благодаря дифракции волны могут попадать в область геометрической тени, огибать препятствия, проникать через небольшие отверстия в экранах и т. д.

Рассмотрим дифракцию Фраунгофера от бесконечно длинной щели (для этого практически достаточно, чтобы длина щели была значительно больше ее ширины). Пусть плоская монохроматическая световая волна с длиной волны λ падает нормально плоскости узкой щели шириной a (рис. 1). Условие наблюдения максимума освещенности на экране в произвольном направлении наблюдения под углом φ имеет вид:

$$a \sin \varphi = \pm(2k + 1) \frac{\lambda}{2}, (k = 1, 2, 3, \dots). \quad (1)$$

Отметим, что в направлении $\varphi = 0$ свет распространяется с наибольшей интенсивностью, т. е. в точке в центре экрана наблюдается центральный максимум.

Дифракционный минимум (полная темнота) наблюдается при выполнении условия:

$$a \sin \varphi = \pm 2k \frac{\lambda}{2} = \pm k\lambda, (k = 1, 2, 3, \dots). \quad (2)$$

Распределение интенсивности на экране, получаемое вследствие дифракции (дифракционный спектр), приведено на рис. 1. Расчеты показывают, что основная часть световой энергии сосредоточена в центральном максимуме.

Дифракционной решеткой называется система из щелей равной толщины, разделенных одинаковыми непрозрачными промежутками.

Если ширина каждой щели равна a , а ширина непрозрачных участков между щелями b , то величина $d = a + b$ называется **постоянной (периодом) дифракционной решетки** (рис. 2).

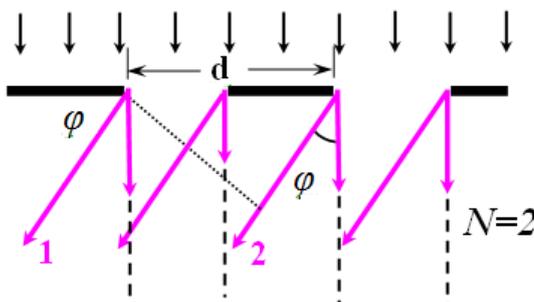


Рис. 2. Дифракция Фраунгофера на двух щелях

Очевидно, что в тех направлениях, в которых *ни одна* из щелей не распространяет свет, он не будет распространяться и при двух щелях и при N щелях, т. е. прежние (главные) минимумы интенсивности будут наблюдаться в направлениях, определяемых условием:

$$a = \pm k\lambda, (k = 1, 2, 3, \dots). \quad (3)$$

Наоборот, действие одной щели будет усиливать действие другой, если

$$d \sin \varphi = \pm k\lambda, (k = 1, 2, 3, \dots). \quad (4)$$

т. е. при этих условиях наблюдаются **главные максимумы**.

Кроме того, вследствие взаимной интерференции световых лучей, посылаемых двумя щелями, в некоторых направлениях они будут гасить друг друга, т. е. возникнут дополнительные минимумы:

$$d \sin \varphi = \pm k' \frac{\lambda}{N}, (k = 1, 2, 3, \dots), \quad (5)$$

где k' целое число не кратное N .

Экспериментальная часть

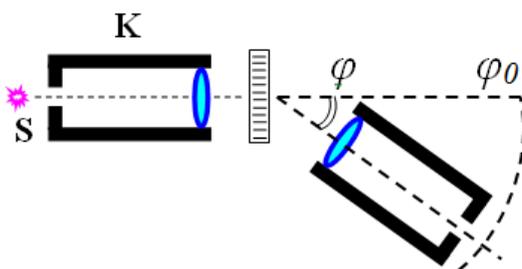


Рис. 3. Схема экспериментальной установки

Для измерения углов, под которыми наблюдаются дифракционные «*max*» (линии спектра) используется **гониометр** (гони – угол) (рис. 3). Излучение ртутной лампы S освещает щель коллиматора К с помощью которого формируется параллельный пучок света с плоским фронтом волн. Дифракционная картина от решетки наблюдается

с помощью зрительной трубы. Углы поворота трубы можно находить по шкале с подсветкой. Каждый угловой градус шкалы разбит двойными линиями на три интервала. Следовательно, цена одного интервала – $20'$. Черная короткая линия на шкале служит своеобразной «стрелкой», с помощью которой можно определять величину угла в градусах и угловых минутах. Отсчет угла производится тогда, когда крест нитей в поле зрения окуляра зрительной трубы четко совмещен с дифракционным максимумом (линией) соответствующей длины волны λ .

Упражнение № 1. Определение длины световой волны

1. Включите блок питания ртутной лампы и дайте ей разогреться в течении 3-5 минут.
2. Совместите крест нитей зрительной трубы с нулевым – центральным – максимумом, т.е. с ярким белым изображением щели и снимите по шкале углов «нулевой отсчет» – φ_0 .
3. В спектре излучения ртути много линий. Поворачивая зрительную трубу, добейтесь совмещения креста нитей с изображением линии в спектре ртути первого порядка $k = \pm 1$. Запишите значение угла φ_i для фиолетовой, зеленой и двух желтых линий спектра. Продолжите опыт наблюдением во втором порядке $k = \pm 2$ при φ_j .
4. Рассчитайте углы, под которыми наблюдались «максимумы»?:

$$\varphi = \varphi_i - \varphi_0.$$

5. По формуле (4) для «max» при дифракции на решетке: подставляя φ и соответствующие $k = 1, 2$ и $d = 0,0033$ мм, рассчитайте значение длины волны для двух порядков и определите среднюю длину волны для данной линии. Все данные занесите в табл. 1 и 2.
6. Сопоставьте рассчитанные длины волн спектра ртути с теоретическими значениями.

Таблица 1.

линии спектра	φ_i		φ		$\sin \varphi$		λ , нм	
	порядок спектра		порядок спектра		порядок спектра		порядок спектра	
	+1	+2	+1	+2	+1	+2	+1	+2
фиолетовая								
зеленая								
желтая 1								
желтая 2								

Таблица 2.

линии спектра	φ_i	φ	$\sin \varphi$	λ , нм
	порядок спектра	порядок спектра	порядок спектра	порядок спектра
	-1	-1	-1	-1
фиолетовая				
зеленая				
желтая 1				
желтая 2				

Упражнение № 2. Определение разрешающей способности решетки.

Дифракционные решетки используются в спектроскопии для разложения света сложного состава на его монохроматические компоненты. Способность решетки разлагать свет определяется не только угловой дисперсией, но и резкостью дифракционных максимумов. На рис. 4 показано разделение излучений двух длин волн λ_1 и λ_2 двумя различными решетками. Хотя в обоих случаях решетки раздвинули максимумы излучений λ_1 и λ_2 на одну и ту же величину $\Delta\varphi$, разделение в первом случае во много раз лучше, чем во втором. Отсюда следует, что способность решеток разделять излучения, близкие по длинам волн ($\lambda_1 \approx \lambda_2$), определяются не только величиной угловой дисперсии, но и шириной дифракционных максимумов. Это качество получило особое название: **разрешающая сила решетки – R**:

$$R = \frac{\lambda}{d\lambda}. \quad (6)$$

Примем в качестве предельного условия разделения двух близких линий положение – критерий Релея – когда максимум излучения одной линией (λ_1) $d \sin \varphi = k\lambda_1 - \max$ накладывается на минимум другой: $d \sin \varphi = k\lambda_2 + \frac{\lambda_2}{N} - \min$.

Равенство правых частей дает:

$$R = kN \quad (7)$$

Порядок расчета разрешающей способности дифракционной решетки

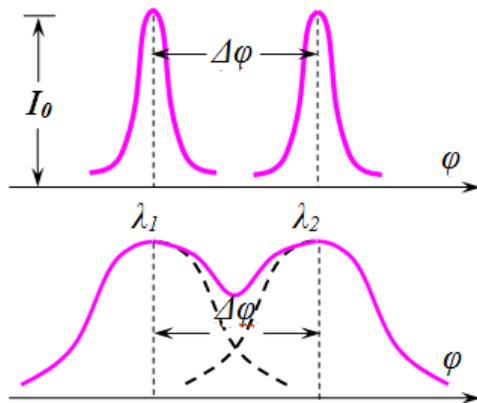


Рис. 4. К определению разрешающей способности решетки

1. Рассчитайте R для близких волн желтых линий спектра ртути, длины волн которых были рассчитаны в упражнении 1 при $k = 1,2$ по формуле:

$$R \approx \frac{\lambda}{\lambda_2 - \lambda_1}$$

2. Измерьте общий размер решетки l . Зная постоянную решетки d , рассчитайте общее число щелей N :

$$N = \frac{l}{d}$$

3. Найдите разрешающую способность решетки по формуле (7) при $k = 1,2$.

4. Сопоставьте полученные результаты п.п.1 и 3.

Контрольные вопросы

1. Что собой представляет дифракционная решетка и каковы ее основные характеристики?
2. Какая величина называется периодом дифракционной решетки?
3. Сформулируйте принцип Гюйгенса-Френеля.
4. Запишите условия наблюдения максимумов и минимумов при наблюдении дифракции на дифракционной решетке.
5. Какого цвета линия в спектре первого порядка будет ближайшей к центральному максимуму?
6. Можно ли наблюдать дифракционные картины на отверстиях порядка нескольких сантиметров?

7. Какие характеристики дифракционной картины от решеток зависят и как от общего числа щелей N ?
8. Как меняется доля энергии приходящейся на главные максимумы, при переходе от одной к большему числу щелей?
9. В чем отличие дифракционного спектра от дисперсионного?
10. Как изменится дифракционная картина, если часть решетки закрыть?
11. Как изменятся дифракционные картины, полученные от решеток с различными постоянными, но с одинаковым числом штрихов?

ФОРМУЛА ЛОРЕНЦ-ЛОРЕНТЦА И ОСНОВЫ РЕФРАКТОМЕТРИИ

Цель работы: Ознакомиться с уточненной формулой для расчетов зависимости показателя преломления вещества от частоты света, освоить измерения с помощью рефрактометра.

Приборы и принадлежности: образцы чистых жидкостей и растворов, рефрактометр и источник света.

Теоретическая часть

В классической электронной теории дисперсии, созданной Х. Лоренцем, поведение оптических электронов в атомах рассматривалось, как вынужденное колебание только в поле $\vec{E}(t)$ падающей на газ электромагнитной волны с частотой ω . Уравнение движения имело вид:

$$\ddot{\vec{r}} + 2\gamma\dot{\vec{r}} + \omega_0^2\vec{r} = \frac{e}{m}\vec{E}(t) \quad (1)$$

В таком подходе есть допущение, которое в 1880 году устранил Л. Лорентц, который показал, что для сжатых газов и жидкостей необходимо принять во внимание влияние поля окружающих молекул, поляризованных действием света. Учет этого влияния, вообще говоря, очень труден. Для простейшего случая изотропного кубического кристалла Л. Лорентц показал, что такой учет дает для связи между действующим полем \vec{E}' , внешним полем \vec{E} и поляризацией \vec{P} следующую зависимость:

$$\vec{E}' = \vec{E} + \frac{4\pi}{3}\vec{P} \quad (2)$$

Тогда вместо (1) получим уточненное уравнение:

$$\ddot{\vec{r}} + 2\gamma\dot{\vec{r}} + \omega_0^2\vec{r} = \frac{e}{m}\left(\vec{E} + \frac{4\pi}{3}\vec{P}\right) \quad (3)$$

В результате решения (3), можно получить формулу, хорошо описывающую $n(\omega)$ при больших давлениях газов, жидкостей и твердых тел:

$$\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} = \frac{4\pi}{3} \cdot \frac{e^2 f N}{m \varepsilon_0} \cdot \frac{1}{\omega_0^2 - \omega^2} \quad (4)$$

Нетрудно убедиться, что для разреженных газов $n^2 + 2 \approx 3$ и можно получить ранее полученную зависимость $n(\omega)$. В формуле (4) для данного вещества и определенной частоте ω величины в правой части фиксированы ($e, m, \omega_0, \omega - const$) и она принимает вид:

$$\begin{aligned} \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \cdot \frac{1}{N} &\equiv const \equiv r', \\ \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \cdot \frac{1}{\rho} &\equiv r, \end{aligned} \quad (5)$$

где r – удельная рефракция; ρ – плотность вещества.

Из формул (4) и (5) видно, что удельная рефракция не зависит от плотности вещества. Можно сделать запись и для молекулярной рефракции $R = \mu \cdot r$, где μ – молярная масса. Тогда (5) примет вид:

$$R = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \cdot \frac{\mu}{\rho} = \frac{4\pi}{3} N_A \cdot \alpha \quad (6)$$

где N_A – число Авогадро, $\alpha(\omega)$ из (4) и (6) $\alpha(\omega) = \frac{e^2}{\varepsilon_0 m} \cdot \frac{1}{\omega_0^2 - \omega^2}$.

Таким образом, молекулярная рефракция является мерой поляризуемости молекул α .

М. В. Ломоносов был первым, кто обратил внимание на важность измерения показателей преломления (рефракций) для исследований химической природы молекул и для аналитических целей.

Если вещество состоит из смеси молекул разного сорта, то (6) примет вид:

$$R = \frac{4}{3} \pi (N_1 \alpha_1 + N_2 \alpha_2 + \dots) \quad (7)$$

Тогда $R_{см} = C_1 R_1 + C_2 R_2 + \dots$, где C – концентрация.

Следовательно, поляризуемость молекул является аддитивной суммой поляризуемостей ее составных частей, что очень важно!

Принцип действия рефрактометра, с которым предстоит работать, основан на явлении полного внутреннего отражения.

Рассмотрим закон преломления света. Свет, падающий на границу раздела двух прозрачных сред, частично отражается от поверхности раздела, а частично проходит внутрь второй среды, изменяя при этом свое направление (рис. 1). Направление распространения светового луча в средах 1 и 2 определяется **законом преломления Снеллиуса**: преломлённый луч лежит в той же плоскости, в которой находится падающий луч и нормаль к поверхности раздела, а отношение синусов угла падения и угла преломления есть величина постоянная для данной пары сред:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{21} \quad (7)$$

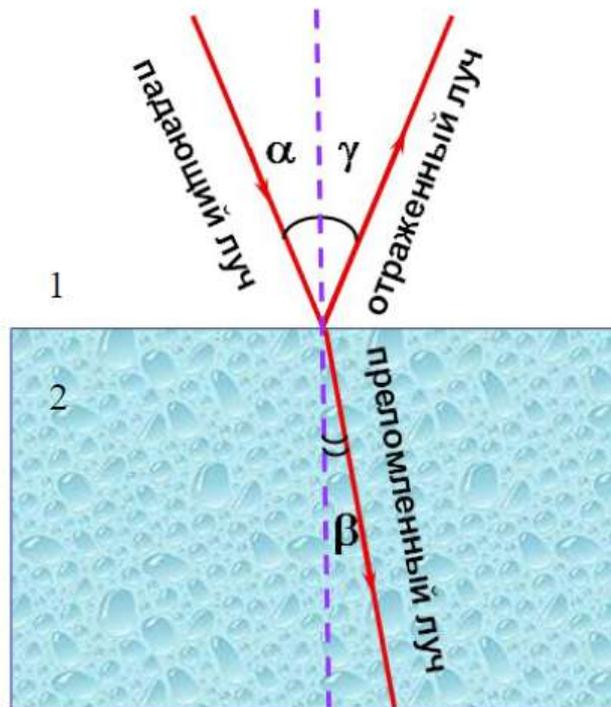


Рис.1. Отражение и преломление луча света на границе раздела двух сред

Константа n_{21} называется **относительным показателем преломления** второго вещества по отношению к первому.

Электромагнитная теория Максвелла выяснила простой физический смысл показателя преломления, установив его связь со скоростью распространения света в веществе.

Абсолютным показателем преломления вещества называется величина n , равная отношению скорости света c в вакууме ($c = 3 \cdot 10^8$ м/с) к скорости света в веществе v :

$$n = \frac{c}{v}. \quad (8)$$

Абсолютный показатель преломления показывает, во сколько раз скорость света в вакууме превосходит скорость распространения света в веществе. Относительный показатель преломления двух сред показывает, во сколько раз изменяется скорость света при переходе из первой среды во вторую.

Относительный показатель преломления пары сред есть отношение их абсолютных показателей:

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1}. \quad (9)$$

Очевидно, что абсолютный показатель преломления вакуума равен 1.

Для веществ в различных агрегатных состояниях показатели преломления имеют различные значения. Для газообразных веществ значения показателей преломления близки к 1. В геометрической оптике показатель преломления воздуха принимают равным единице, хотя его точное значение 1,000274 (при нормальном давлении и температуре). Величины показателей преломления для жидкостей изменяются в интервале от 1,2 до 1,9. Твердые тела имеют наибольшие значения показателей преломления (от 1,3 до 4,0).

Используя абсолютные показатели преломления, закон преломления (7) удобно переписать в виде:

$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta \quad (10)$$

Произведение показателя преломления среды на синус угла между нормалью и лучом при каждом преломлении есть величина постоянная, называемая оптическим инвариантом.

Полное внутреннее отражение

Из соотношения (10) видно, что если луч идет из среды оптически менее плотной в среду оптически более плотную (т. е. $n_2 > n_1$), то угол преломления β будет меньше угла падения α .

если же среды таковы, что ($n_1 > n_2$), то углы падения и преломления подчиняются неравенству $\beta < \alpha$. В этом случае при постепенном увеличении угла падения угол преломления может оказаться равным 90° . Соответствующий ему угол падения называется предельным углом полного внутреннего отражения $\alpha_{\text{пред}}$. при падении света под большими углами $\alpha > \alpha_{\text{пред}}$, преломленного луча не существует, свет не выходит из первой среды и имеет место явление полного внутреннего отражения. Рисунок 2 иллюстрирует это явление.

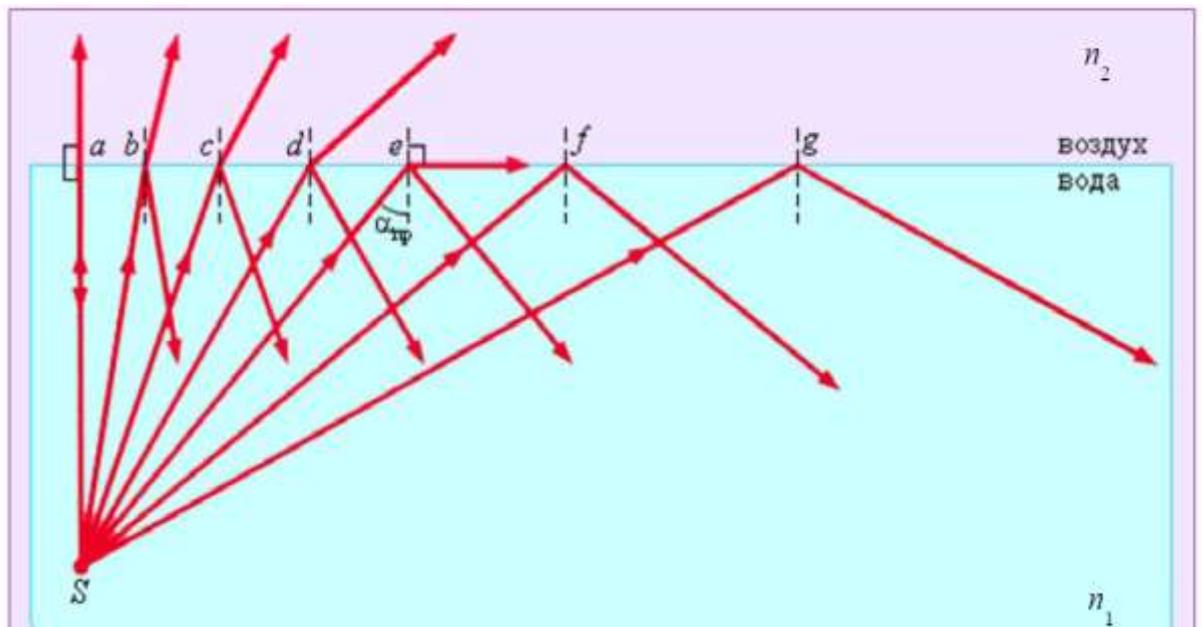


Рис. 2. Возникновение полного внутреннего отражения на границе оптически более плотной среды с оптически менее плотной средой

Величина предельного угла определяется соотношением:

$$\frac{\sin \alpha_{\text{пред}}}{\sin 90^\circ} = \frac{\sin \alpha_{\text{пред}}}{1} = n_{21}, \text{ или} \quad (11)$$

$$\sin \alpha_{\text{пред}} = \frac{n_2}{n_1}$$

Если луч идет из вещества с показателем преломления n_1 в воздух, то $\sin \alpha_{\text{пред}} = \frac{1}{n_1}$. Следовательно, величину предельного угла можно использовать для определения показателя преломления

одной из сред, если известен показатель преломления другой среды.

$$n_1 = \frac{1}{\sin \alpha_{\text{пред}}} \quad (12)$$

Явление полного внутреннего отражения используется в призмах полного отражения. Показатель преломления стекла равен $n \approx 1,5$, поэтому предельный угол для границы стекло-воздух равен $\alpha_{\text{пред}} = \arcsin(1/1,5) = 42^\circ$. Поэтому при падении света на границу стекло-воздух при $\alpha > 42^\circ$ всегда будет иметь место полное отражение. На рис. 3 показаны призмы полного отражения, позволяющие: а) повернуть луч на 90° ; б) повернуть изображение; в) обернуть лучи. Такие призмы применяются в оптических приборах (например, в биноклях, перископах), а также рефрактометрах, позволяющих определять показатели преломления тел (по закону преломления, измеряя $\alpha_{\text{пред}}$, находим относительный показатель преломления двух сред, а также абсолютный показатель преломления одной среды, если показатель преломления другой среды известен). Явление полного внутреннего отражения используется также в световодах, представляющих собой тонкие, произвольным образом изогнутые нити (волокна) из оптически прозрачного материала.

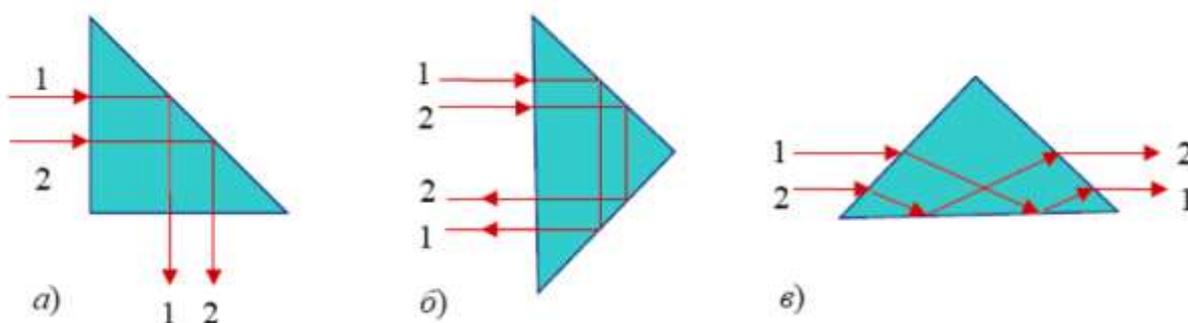


Рис. 3. Призмы полного отражения

Экспериментальная часть

Все измерения проводят в «белом» свете.

Несколько капель исследуемой жидкости помещают между гипотенузными гранями призм I и II (AB и A_1B_1) (рис. 4). Призма I является измерительной, а призма II с матовой гранью A_1B_1 – осветительной. Матовая поверхность A_1B_1 рассеивает свет, и в исследуемую жидкость попадают лучи разных направлений: далее они

проходят через жидкость и попадают на грань АВ призмы I. Для тех из них, у которых угол $\alpha \rightarrow 90^\circ$, достигает своего максимального значения угол преломления γ . Тогда при рассмотрении пучка лучей, выходящих из призмы I в зрительную трубу, нижняя часть ее поля зрения будет освещена, а верхняя останется темной. При этом положении границы раздела светотени III определяются лучом, выходящим из призмы под предельным углом φ .

Для нанесения жидкости на измерительную призму оправа осветительной призмы откидывается рукояткой в крайнее положение, а затем закрывается. В корпусе прибора установлены: окуляр, объектив, призма прямого зрения, диафрагма и поворотное зеркало.

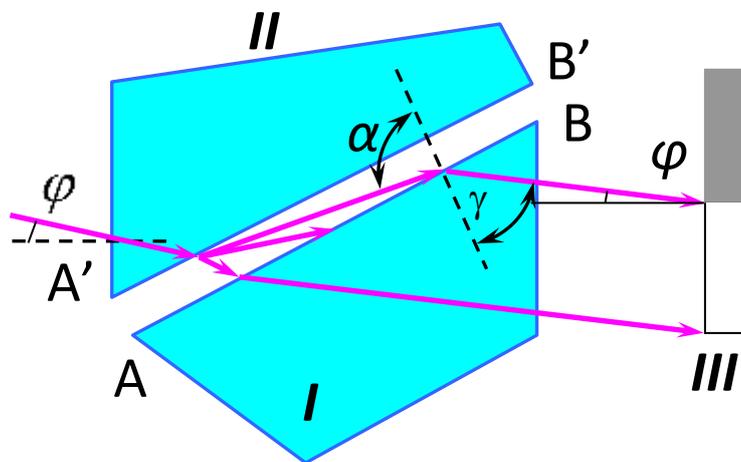


Рис. 4. Полное внутреннее отражение при прохождении светом границы раздела 2-х сред с разными показателями преломления

Упражнение №1. Подготовка прибора к работе

Включите лампу (можно также использовать свет от естественного источника, например, окна) и установите ее так, чтобы свет падал на зеркало подсветки шкалы и на грань осветительной призмы.

Вращая окуляр, сфокусируйте шкалу и визир (перекрестие) по глазу на резкость изображения.

Проверьте начало отсчета по дистиллированной воде.

Для этого 1-2 капли ее нанесите на чистую поверхность измерительной призмы. Опустите осветительную призму, найдите границу светотени, устранив ее окрашенность и снимите 5 раз отсчет по шкале n_D^t . Подсчитайте среднее арифметическое значение n_D^t .

Сравните полученное среднее n_D^t с табличным значением при температуре в помещении (см. таблицу). Найдите поправку

$\Delta n_D^t = n_{D_{\text{табл}}}^t - n_{D_{\text{ср}}}^t$, которую учитывайте при дальнейших измерениях.

Таблица .

$t^\circ\text{C}$	n_D^t	$t^\circ\text{C}$	n_D^t	$t^\circ\text{C}$	n_D^t
15	1.33339	21	1.33290	27	1.33229
16	1.33331	22	1.33280	28	1.33217
17	1.33324	23	1.33271	29	1.33206
18	1.33316	24	1.33291	30	1.33194
19	1.33307	25	1.33250	31	1.33182
20	1.33299	26	1.33240	32	1.33170

Упражнение №2. Определение показателя преломления чистых жидкостей при комнатной температуре

Измерьте показатели преломления предложенных чистых жидкостей. Для каждой жидкости проведите не менее пяти измерений. Подсчитайте среднеарифметическое значение и учтите ошибку измерения.

После каждого определения показателя преломления вещества, отведите осветительную призму в сторону, фильтровальной бумагой или ваткой уберите остатки жидкости с измерительной и осветительной призм. Можно поверхность призм промыть дистиллированной водой: нанесите 2-3 капли воды и протрите призму.

Упражнение №3. Определение рефракции и поляризуемости для чистых жидкостей

Измерив показатели преломления для исследуемых жидкостей, рассчитайте для данных веществ удельную рефракцию r по формуле (5). Рассчитайте также для этих веществ молекулярную рефракцию R по формуле (6) и поляризуемость молекул этих веществ.

Упражнение №4. Определение показателей преломления растворов (смесей)

Определите показатели преломления для предложенных растворов с известной концентрацией. Измерения проводите не менее пяти раз для каждого раствора и определите среднеарифметическое значение. Постройте график зависимости показателя преломления от концентрации смеси. Определите показатели преломления смесей неизвестных концентраций, и по графику найдите содержание вещества в данной смеси (растворе).

Контрольные вопросы

1. Какой физический смысл имеют абсолютный и относительный показатели преломления?

2. Сформулируйте и проиллюстрируйте законы отражения и преломления.
3. В каком случае имеет место явление полного внутреннего отражения?
4. В чем сущность взаимодействия света с веществом?
5. Как решается задача о дисперсии в классической электронной теории Г. Лоренца?
6. Запишите и дайте пояснение формулы Лоренц-Лорентца?
7. Существует ли связь между молекулярной рефракцией и поляризуемостью молекул?
8. На каком принципе основана конструкция используемого в работе прибора?
9. Можно ли, зная показатели преломления чистых жидкостей, рассчитать показатель преломления для смеси этих жидкостей?