

ПОЛНОЕ ВНУТРЕННЕЕ ОТРАЖЕНИЕ СВЕТА

УЧЕБНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

В. В. Мойер



БИБЛИОТЕКА УЧИТЕЛЯ И ШКОЛЬНИКА

В.В. Майер

ПОЛНОЕ ВНУТРЕННЕЕ ОТРАЖЕНИЕ СВЕТА

УЧЕБНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ



МОСКВА
ФИЗМАТЛИТ®
2007

УДК 535
ББК 22.34
М 14

М а й е р В. В. **Полное внутреннее отражение света: учебные исследования.** — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. — 160 с. — ISBN 978-5-9221-0657-3. (Библ. уч. и шк.)

Книга содержит описания учебных экспериментальных исследований явления полного внутреннего отражения от границы оптически однородной и слоисто-неоднородной сред. Предложены простые физические приборы и модели. Рассмотрены занимательные и поучительные опыты. Все эксперименты доступны и могут быть поставлены в школьном физическом кабинете или в домашних условиях. Проводя небольшие исследования, читатель познакомится с красивыми, интересными и практически важными оптическими явлениями, приобретет навыки самостоятельной исследовательской работы.

Для учащихся школ, гимназий, лицеев с углубленным изучением физико-математических дисциплин, а также студентов и преподавателей педагогических вузов, учителей физики.

Учебное издание

МАЙЕР Валерий Вильгельмович

**ПОЛНОЕ ВНУТРЕННЕЕ ОТРАЖЕНИЕ СВЕТА
УЧЕБНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
(БИБЛИОТЕКА УЧИТЕЛЯ И ШКОЛЬНИКА)**

Редактор *Д.А. Миртова*
Оригинал-макет: *В.В. Затекин*
Оформление переплета: *А.Ю. Алехина*

Подписано в печать 29.12.06. Формат 60×90/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 10. Уч.-изд. л. 11,7. Тираж 1500 экз. Заказ №

Издательская фирма «Физико-математическая литература»
МАИК «Наука/Интерпериодика»
117997, Москва, ул. Профсоюзная, 90
E-mail: fizmat@maik.ru, fmlsale@maik.ru;
http://www.fml.ru

Отпечатано с готовых диапозитивов
в ППП «Типография «Наука»
121099, г. Москва, Шубинский пер., 6

ISBN 978-5-9221-0657-3



9 785922 106573

ISBN 978-5-9221-0657-3

© ФИЗМАТЛИТ, 2007

© В. В. Майер, 2007

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	5
Глава 1. Полное отражение света от границы оптически однородной среды	7
1.1. Первое знакомство с полным отражением света	7
1.2. Преломление при переходе света из воды в воздух	9
1.3. Полное отражение света от поверхности жидкости	11
1.4. Всегда ли свет проходит через тонкий слой воздуха?	13
1.5. Измеритель показателя преломления из воздушного слоя	14
1.6. Фокус с использованием полного отражения	16
1.7. Полное отражение света на стеклянной пробирке	17
1.8. Полное отражение света на стеклянной воронке	19
1.9. Оценка показателя преломления стеклянной трубкой	20
1.10. «Черное зеркало»	22
1.11. Появляющийся рисунок	24
1.12. Закопченная пластинка в плоской кювете	25
1.13. Показатель преломления керосина	26
Глава 2. Полное отражение света в рефрактометрах	29
2.1. Стеклянный полуцилиндр, булавка, настольная лампа	29
2.2. Показатель преломления материала полуцилиндра	31
2.3. Измеритель показателя преломления из полуцилиндра	33
2.4. Что видит глаз при прохождении света через полуцилиндр?	36
2.5. Модель рефрактометра из полуцилиндра	39
2.6. Точечный источник света внутри стеклянной пластинки	41
2.7. Точечный источник света вблизи поверхности стеклянной пластинки	44
2.8. Рефрактометр из плоскопараллельной пластинки	45
2.9. Дифракция электронов и толщина экрана осциллографа	48
Глава 3. Рассеяние света поверхностью	51
3.1. Подсвет шкал приборов	51
3.2. Отражение и рассеяние света	52
3.3. Как рассеяние света зависит от размера шероховатостей	54
3.4. Рассеяние света и оптическое изображение	56
3.5. Меловой хамелион на бумаге	57
Глава 4. Полное отражение в оптически неоднородной среде	60
4.1. Оптически неоднородная среда	60
4.2. Отражение от нагретой воды	61

4.3. Непрозрачная прозрачность	63
4.4. Распространение света в оптически неоднородной среде	66
4.5. Физическая модель светового луча	70
4.6. Полное отражение в оптически неоднородной среде	71
Глава 5. Полное отражение света в световодах	75
5.1. Прохождение света через стеклянную палочку	75
5.2. Световод из оргстекла	77
5.3. Простой демонстрационный световод	79
5.4. Модель градиентного световода	82
5.5. Радиус кривизны световода	85
5.6. Конический концентратор	87
Глава 6. Опыты с прямоугольными призмами	90
6.1. Призмы с полным внутренним отражением	90
6.2. Сравнение показателей преломления с помощью призмы	92
6.3. Полное отражение света и криминалистика	94
6.4. Почему полное отражение света называется полным?	95
6.5. Фотометрический кубик	97
6.6. Интерференция света на тонком слое	100
6.7. Потеря полуволны при отражении света	102
6.8. Интерференционные полосы Гершеля	104
Глава 7. Проникновение света во вторую среду	107
7.1. Оптический контакт	107
7.2. При полном отражении свет проникает во вторую среду	111
7.3. Опыт Мандельштама	113
7.4. Еще один вариант опыта Мандельштама	115
7.5. Индикатор инфракрасного излучения	117
7.6. Полное отражение инфракрасных лучей	119
7.7. Опыты с инфракрасными лучами	122
7.8. Демонстрация полного внутреннего отражения	127
Глава 8. Преломление света на сферических поверхностях	134
8.1. Физическая модель явления преломления света	134
8.2. Исследуем преломление света на физической модели	137
8.3. Каустика цилиндрической линзы	142
8.4. Рыбий глаз	145
Глава 9. Простейшие компьютерные модели	149
9.1. Теоретическая модель явления преломления света	149
9.2. Графическая модель на экране дисплея	152
9.3. Простейшая компьютерная модель оптического явления	156
Список литературы	160

Предисловие

Предлагаемая вниманию читателя книга рассчитана на учащихся старших классов средней школы, студентов педагогических институтов и учителей физики. Она может быть использована в самостоятельных домашних исследованиях, для постановки демонстрационных опытов на уроках физики, в элективных курсах, для выполнения курсовых и дипломных работ.

Описанные в книге опыты позволяют экспериментально изучить явление полного внутреннего отражения света и познакомиться с некоторыми практическими применениями этого явления. Их основная задача — привить читателю вкус к экспериментальным исследованиям и способствовать совершенствованию элементарных навыков научного познания природы, которые столь необходимы во многих областях человеческой деятельности и развитие которых прямо предусмотрено современным стандартом физического образования.

Некоторые опыты, составившие основу рекомендованных учебных исследований, хорошо известны; их включение в книгу объясняется только необходимостью предоставить читателю определенный тренировочный материал. Ссылки на литературу, описывающую известные опыты, отсутствуют по той причине, что не удалось надежно установить, кто именно впервые их предложил. Такие опыты, по-видимому, допустимо считать физическим фольклором. Следует, однако, отметить, что использование известного материала допущено лишь в той мере, в какой удавалось изложить его под несколько иным углом зрения, чем раньше. Впрочем, с большинством экспериментов вряд ли знаком читатель. Особое внимание в книге уделено иллюстрациям, поскольку можно надеяться, что именно они позволят вначале вызвать интерес читателя, а затем способствовать правильной постановке опытов.

Книга содержит девять небольших глав, каждая из которых посвящена учебным исследованиям родственных явлений. Вначале рассматривается полное внутреннее отражение от плоской границы раздела двух оптически однородных сред и практическое применение этого явления для измерения показателей преломления веществ. Видеть световой пучок можно благодаря рассеянию света, поэтому следующей глав посвящена экспериментам с рассеянием света шероховатой поверхностью. Большой интерес представляют исследования криво-

линейного распространения света в оптически неоднородных средах и практического применения явления полного отражения в световодах. В следующей главе представлены эксперименты с прямоугольными равнобедренными призмами, в которых затрагиваются и некоторые интерференционные явления. Отдельная глава посвящена красивым и тонким эффектам проникновения света при полном внутреннем отражении в оптически менее плотную среду. Эта глава заканчивается описанием серии демонстрационных опытов на стандартном учебном оборудовании, которые позволяют в течение небольшого времени с достаточной полнотой раскрыть физическую сущность явления полного внутреннего отражения света. Наконец, в двух последних главах методами физического, математического и компьютерного моделирования исследуются явления, происходящие при прохождении света через сферические границы раздела сред.

В главах материал сгруппирован в параграфы и расположен, как правило, по мере нарастания его сложности. Каждый параграф разбит на две части: в первой сообщается некоторая информация и в явном или неявном виде формулируется проблема учебного исследования; во второй — представлен возможный вариант выполнения исследования.

Вся экспериментальная работа, положенная в основу фактического содержания книги, выполнена на физическом факультете Глазовского государственного педагогического института им. В. Г. Короленко. Преподаватели физики института, учителя школ, студенты и учащиеся в течение многих лет либо наблюдали демонстрации описанных опытов, либо самостоятельно ставили их, либо принимали непосредственное участие в разработке и создании соответствующих приборов и установок. Автор особенно благодарен Е. С. Мамаевой, Р. В. Акатову, Е. И. Вараксиной, Л. С. Кропачевой, А. Ю. Трефиловой, А. С. Рудину, А. Е. Чиркову и Л. Е. Чиркову за существенную помощь в работе.

Глава 1

ПОЛНОЕ ОТРАЖЕНИЕ СВЕТА ОТ ГРАНИЦЫ ОПТИЧЕСКИ ОДНОРОДНОЙ СРЕДЫ

В оптически однородной среде свет распространяется прямолинейно. Если свет падает на плоскую границу раздела двух оптически однородных прозрачных сред, то он, вообще говоря, частично отражается от этой границы и частично преломляется на ней. При определенных условиях свет полностью отражается от границы раздела. Это явление получило название *полного внутреннего отражения* или просто *полного отражения* света (физики предпочитают первое название, учителя физики — второе; в книге используются оба термина).

Явление полного отражения имеет важное научное значение и широко применяется на практике. Отобранные для этой главы учебные исследования позволят вам убедиться и в том, и в другом. Эксперименты, составляющие существенную часть исследований, в большинстве своем чрезвычайно просты, требуют для своей постановки более чем доступного оборудования, и результаты их могут быть объяснены самой элементарной теорией. Однако ощущение тривиальности предлагаемого вам материала, если оно возникло, довольно обманчиво и быстро развеется, коль скоро вы перейдете от рассматривания картинок и чтения к экспериментальной работе. Практически каждый, даже самый простой опыт потребует от вас некоторых умений, присущих настоящему экспериментатору. Именно эти умения, столь необходимые многим начинающим, будут развиваться по мере того, как от простых вы будете переходить к более сложным опытам.

1.1. Первое знакомство с полным отражением света

- На невысокую подставку 1 положите лист белой бумаги 2 и на него поместите полуцилиндр 3 из стекла или оргстекла (рис. 1.1). Обведите полуцилиндр карандашом и отметьте на листе центр А полукруга. Направьте на отмеченную точку узкий пучок света от простейшего осветителя 4, источником света в котором может служить лампочка карманного фонаря или светодиод. Это всегда удается сделать, потому что свет, идущий по радиусу полуцилиндра, падает на его цилиндрическую поверхность нормально и, следовательно, не преломляется на ней. Указанное свойство делает удобным использование полуцилиндра в оптических опытах: если свет падает на его

центр A , то он преломляется только на плоской грани полуцилиндра независимо от того, падает ли он на эту точку со стороны плоской или цилиндрической поверхности.

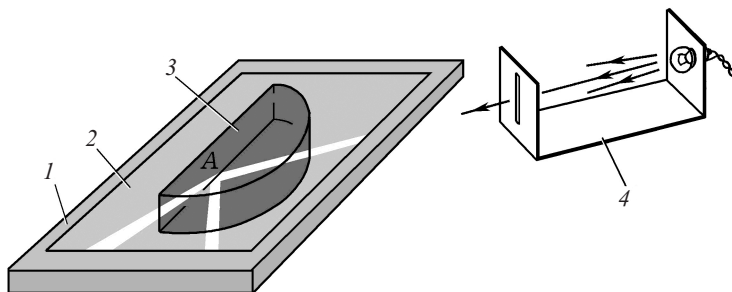


Рис. 1.1. В первых опытах по полному отражению света удобно использовать прозрачный полуцилиндр из стекла или оргстекла

Отрегулируйте положение осветителя так, чтобы на листе бумаги был виден ход падающего, отраженного и преломленного световых пучков. Поворачивайте осветитель, изменяя угол падения света на плоскую грань полуцилиндра и наблюдайте за соответствующим изменением углов отражения и преломления света. Проследите также за изменениями интенсивности света в отраженном и преломленном пучках.

● На рис. 1.2 схематически показаны результаты опытов, которые будут получаться в вашем исследовании.

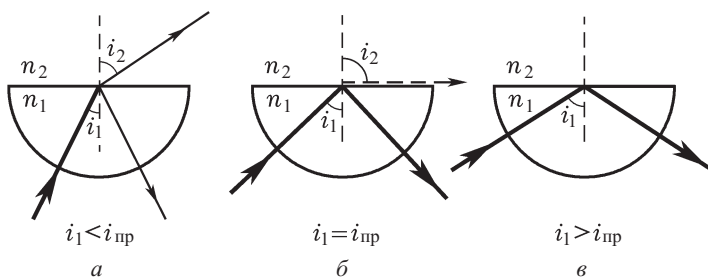


Рис. 1.2. Преломление и отражение при переходе света из оптически более плотной в оптически менее плотную среду

При небольших углах падения i_1 имеются и отраженный под углом i_1 , и преломленный под углом i_2 световые пучки, причем угол преломления больше угла падения. Последнее нетрудно объяснить. Преломление света происходит на границе раздела сред стекло–воздух. *Абсолютный показатель преломления* стекла n_1 (*первая среда*, то есть та, из которой падает свет) больше показателя преломления воздуха n_2 (*вторая среда*, то есть та, в которую свет проходит или

преломляется). Согласно *закону преломления* отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная, равная *относительному показателю преломления* второй среды относительно первой или отношению абсолютных показателей преломления второй и первой сред:

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = n_{12} = \frac{n_2}{n_1}. \quad (1.1)$$

Так как свет переходит из *оптически более плотной* среды в *оптически менее плотную* ($n_1 > n_2$), то $\sin i_2 > \sin i_1$ и, следовательно, $i_2 > i_1$.

Продолжая опыт, вы обнаружите, что при увеличении угла падения растут углы отражения и преломления причем интенсивность отраженного света увеличивается, а преломленного — уменьшается. Тот угол падения света i_1 , при котором угол преломления равен $\pi/2$, называется *предельным углом* полного внутреннего отражения света $i_{\text{пр}}$. На опыте вы будете наблюдать, что при достижении предельного угла вдруг скачком исчезает преломленный световой пучок и остается только отраженный.

При любых углах падения, превышающих предельный, падающий пучок полностью отражается обратно в первую — оптически более плотную — среду, и преломленный пучок вообще отсутствует. Это явление называется явлением *полного внутреннего отражения света*, и именно оно является объектом наших дальнейших исследований. Обратите внимание на то, что при полном отражении интенсивность отраженного пучка примерно равна интенсивности падающего пучка. Количественные эксперименты показывают, что от достаточно хорошей границы раздела двух сред отражается 99,99 % интенсивности падающего света.

Теперь уточним понятие предельного угла. Если вы попытаетесь пустить на границу раздела двух сред световой пучок точно под предельным углом, то не обнаружите преломленного пучка, идущего вдоль этой границы, хотя по определению такой пучок должен быть. Дело в том, что закон преломления, на основании которого принято давать определение предельного угла, не учитывает изменения интенсивности света при преломлении. Опыт же показывает, что при увеличении угла падения интенсивность преломленного пучка непрерывно уменьшается и становится равной нулю, когда угол падения равен предельному. Поэтому правильнее называть предельным тот угол падения, при котором угол преломления светового пучка, вошедшего в оптически менее плотную среду, — *если бы такой пучок существовал* — был бы равен $\pi/2$.

1.2. Преломление при переходе света из воды в воздух

● Почти во всех учебниках физики, где говорится о преломлении света, есть рисунок, на котором изображены вода, точечный источник

света внутри нее и лучи, расходящиеся от источника и преломляющиеся на поверхности воды. Нужно быть начисто лишеным всякого любопытства, чтобы не поставить опыт и не пронаблюдать само явление, а не его рисунок. Предлагаем вам сделать это.

● Прежде всего изготовьте кожух 1 для осветителя (рис. 1.3). Подберите непрозрачную пластмассовую баночку диаметром 40–50 мм

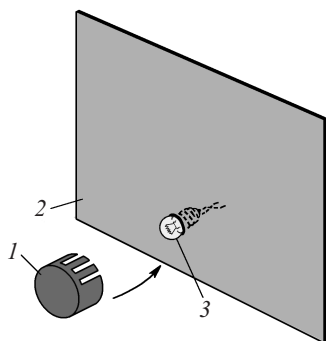


Рис. 1.3. Эскиз прибора для наблюдения преломления и отражения при переходе света из воды в воздух

и высотой 20–30 мм. В наши дни немало продукции продается в цилиндрических пластмассовых упаковках, поэтому найти подходящую вы сможете без труда. Возможно только, что вам придется отрезать от упаковки баночку нужной высоты. В стенке баночки ножовочным полотном сделайте ряд равноотстоящих друг от друга прорезей одинаковой ширины (примерно 1–1,5 мм).

В нижней части прямоугольной пластинки 2 из алюминия или пластмассы просверлите отверстие по диаметру цоколя лампочки карманного фонаря 3. Покрасьте одну поверхность пластинки в белый цвет. Проще всего это сделать, «побрызгав» поверхность белой нитроэмалью, которая продается в аэрозольной

упаковке. Если вы хотите лишь посмотреть, что получится, то можно просто наклеить на пластинку липкой лентой лист белой бумаги.

К лампочке припаяйте проводники, вставьте ее в отверстие и обмажьте цоколь лампочки с задней поверхности пластинки пластилином. Эта обмазка будет фиксировать лампочку в пластинке и изолировать место соединения лампочки с проводниками.

Подсоедините выводы лампочки к батарейке карманного фонаря. Наденьте на лампочку изготовленный вами кожух так, чтобы лампочка оказалась на его оси, и прикрепите кожух к пластинке. На белой поверхности пластинки вы должны наблюдать расходящиеся от осветителя узкие световые пучки. Возможно, вам придется несколько подрегулировать положение кожуха и подправить в нем щели. Световые пучки должны распространяться от расположенного снизу на пластинке осветителя вверх в пределах угла, не превышающего π . Поэтому кожух можно закрепить на пластинке пластилином, обмазав его нижнюю часть.

Разумеется, если вы захотите сделать более основательный прибор, скажем, для школьного кабинета физики, то придется придумать и осуществить более надежный способ крепления кожуха. Но прежде чем делать этот более совершенный прибор, попробуйте изготовить

простейший его вариант, описанный здесь, и вам станут ясны многие особенности, которые нужно учесть в окончательной конструкции.

После изготовления прибора опустите пластинку с осветителем в сосуд с водой так, чтобы пластинка была расположена вертикально. В опыте лучше всего использовать сосуд с плоской передней стенкой, например аквариум. Через прозрачную стенку сосуда вы будете наблюдать примерно такой ход световых пучков, который показан на рис. 1.4 (1 — сосуд с водой, 2 — осветитель, 3 — пластинка с белой поверхностью).

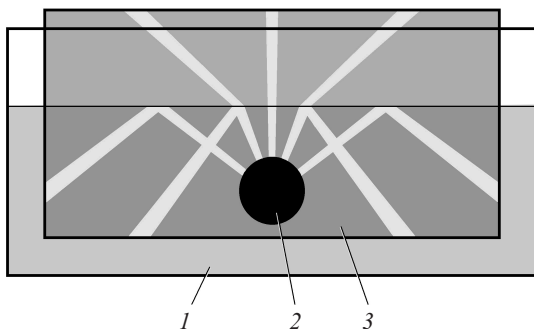


Рис. 1.4. Ход световых пучков, падающих на границу вода–воздух под различными углами

Если уж вы сделали прибор, пронаблюдали явление, то проведите и простейшие измерения. На пластинке, ставя карандашом точки, отметьте положение поверхности воды, места выхода световых пучков из воды и положение пучков света на некотором удалении от поверхности воды. Достаньте пластинку из сосуда с водой, высушите ее и карандашом по линейке нанесите ход световых пучков от щелей осветителя до границы раздела сред и далее — в воздух. Прямой линией обозначьте границу раздела сред и в точках падения пучков восстановите к ней перпендикуляры. Транспортиром измерьте различные углы падения и соответствующие им углы преломления света. Пользуясь этими экспериментальными результатами, найдите среднее значение показателя преломления воды.

1.3. Полное отражение света от поверхности жидкости

- Разработайте и поставьте опыт, позволяющий при разных углах падения наблюдать полное отражение светового пучка от поверхности воды, налитой в круглую стеклянную банку.

- Вы должны догадаться, что с вертикально стоящей банкой опыт получится плохо или совсем не получится.

Подберите стеклянную банку емкостью 0,5–1 литр с достаточно ровным дном. В банку до половины ее высоты налейте воду и закройте отверстие банки полиэтиленовой крышкой. Положите банку боковой поверхностью на стол и посмотрите сквозь ее дно: поверхность воды должна проходить как раз по диаметру дна. Если вы немного ошиблись, долейте или вылейте из банки воду.

Поставьте банку так, чтобы на нее падал свет от настольной лампы или окна, понемногу растворяйте в воде хвойный концентрат (продается в аптеках), наблюдая за раствором сбоку или сверху банки в направлении, перпендикулярном проходящему через банку свету. Вы заметите, что по мере растворения хвойного концентрата вода в банке приобретает зеленоватый цвет. Это *люминесцирует* раствор флюоресцеина, входящего в состав хвойного концентрата. Нужно получить достаточно насыщенный зеленый цвет люминесценции. Если вы растворите слишком много хвойного концентрата, произойдет так называемое *концентрационное тушение* люминесценции, и раствор, почти перестав светиться зеленым светом, примет желтый оттенок. Большой беды в этом нет: надо разбавить раствор в банке водой и вновь добиться

того, чтобы в горизонтально расположенной банке поверхность воды совпадала с диаметром дна.

Вместо того чтобы в опыте использовать люминесцирующую жидкость, вы можете просто замутить воду в банке, внося в нее, например, несколько капель молока. Еще лучше сделать раствор канифоли в спирте и, капая им в воду, добиться требуемой мутности жидкости в банке.

На рис. 1.5 представлена схема опыта (1 — осветитель, 2 — расположенная горизон-

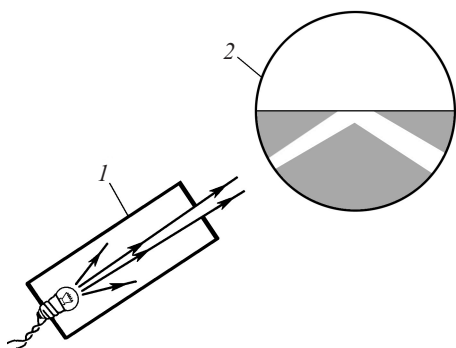


Рис. 1.5. Для наблюдения полного внутреннего отражения света можно использовать стеклянную банку, наполовину заполненную водой

тально стеклянная банка с водой, сквозь дно которой наблюдается световой пучок).

Для постановки опыта положите банку на стол так, чтобы часть ее выступала за край стола, и закрепите ее в этом положении, например, обложив с двух сторон двумя деревянными брусками. Узкий пучок света от простейшего осветителя, состоящего из лампочки карманного фонаря и щели, направьте на цилиндрическую поверхность банки снизу из-под стола. В темноте вы увидите путь светового пучка в воде, ярко флюоресцирующий зеленым светом. Если вы примените мутную жидкость, то благодаря *рассеянию света* будете видеть практически

белый световой пучок. Постепенно поворачивайте осветитель так, чтобы свет от него падал нормально на боковую поверхность (то есть по радиусу) банки и в то же время изменялся угол падения света на поверхность воды. Внимательно наблюдайте и объясните соответствующие явления.

1.4. Всегда ли свет проходит через тонкий слой воздуха?

● Воздух совершенно прозрачен, поэтому через тонкий слой воздуха свет проходит при любых условиях. А если этот слой расположить в прозрачной жидкости? Кажется бы, и в этих условиях свет всегда должен проходить через воздушный слой. Так ли это?

● Ответ на поставленный вопрос вы получите, если сделаете простой опыт. Между двумя тонкими пластинками стекла или оргстекла проложите вырезанную в виде рамки картонную прокладку толщиной около 1 мм и обмажьте края пластинок пластилином так, чтобы воздушная полость между ними была изолирована от окружающей среды. На ярко освещенный предмет 1 посмотрите через изготовленный вами плоскопараллельный слой 2, погруженный в наполненную водой стеклянную банку или стакан 3 перпендикулярно лучу зрения (рис. 1.6 а). Теперь постепенно поворачивайте пластинки, изменяя угол между ними и направлением наблюдения. Начиная с некоторого значения этого угла, вместо предмета, расположенного за стаканом с водой, вы увидите блестящую, как хорошее зеркало, внутреннюю поверхность ближайшей к глазу пластинки (рис. 1.6 б)!

Таким образом, опыт показывает, что в определенных условиях свет не может пройти через тонкий слой воздуха, находящийся в прозрачной жидкости.

Нетрудно сообразить, что результат опыта объясняется явлением полного внутреннего отражения: при переходе света из оптически

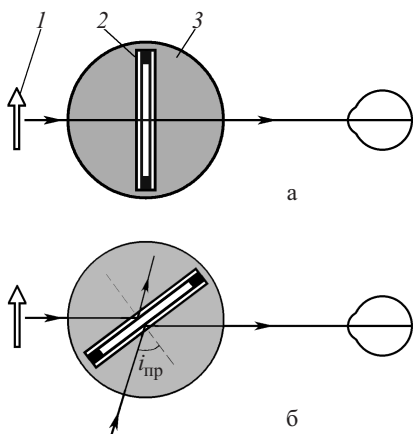


Рис. 1.6. В сосуде с водой расположен плоскопараллельный слой воздуха, заключенный между двумя стеклянными пластинками: а — свет проходит через воздушный слой, б — свет испытывает полное отражение от воздушного слоя

более плотной среды в оптически менее плотную существует такой предельный угол падения света на границу раздела сред, что угол преломления составляет $\pi/2$; если угол падения превышает предельный, то свет во вторую среду не проникает. В описанном опыте световые лучи, идущие от предмета, испытывают полное отражение от воздушного слоя и не попадают в глаз. Поэтому предмет становится невидимым. Глаз видит свет, тоже испытавший полное отражение от воздушного слоя, но идущий не от расположенного напротив глаза предмета, а от различных других предметов, находящихся сбоку от стакана.

1.5. Измеритель показателя преломления из воздушного слоя

● Можно ли в опыте с погруженным в жидкость плоскопараллельным воздушным слоем измерить показатель преломления жидкости? На первый взгляд, казалось бы, нет: поскольку воздушный слой ограничен стеклянными пластинками, то свет переходит в воздух из стекла, а значит, предельный угол при полном отражении определяется показателем преломления стекла, а не жидкости. Однако более внимательное рассмотрение условий опыта показывает что это не так.

● Действительно, пусть абсолютные показатели преломления жидкости и стекла соответственно равны n_1 и n_2 (показатель преломления

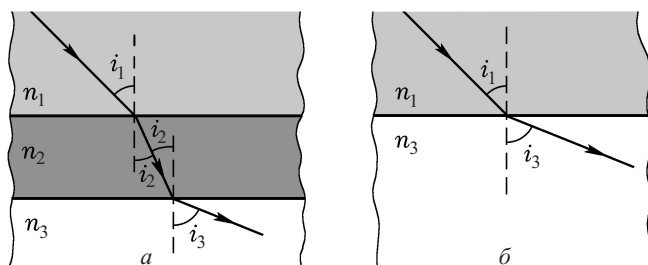


Рис. 1.7. Плоскопараллельный слой, расположенный между двумя средами с различными показателями преломления, не влияет на направления световых лучей в этих средах: *а* — две разные среды отделены друг от друга плоскопараллельным слоем; *б* — плоскопараллельный слой удален

воздуха n_3 будем считать равным единице). Тогда согласно закону преломления (рис. 1.7)

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{n_2}{n_1}, \quad (1.2)$$

где i_1 и i_2 — соответственно углы падения и преломления света на границе раздела сред жидкость–стекло. Поскольку стеклянная пластинка плоскопараллельна, i_2 — это одновременно угол падения света

на границу стекло–воздух. Если наблюдается полное отражение света, то угол преломления на этой границе $i_3 = \pi/2$. Следовательно, для границы раздела сред стекло–воздух по закону преломления

$$\frac{\sin i_2}{\sin i_3} = \sin i_2 = \frac{1}{n_2}. \quad (1.3)$$

Сопоставляя формулы (1.2) и (1.3), замечаем, что показатель преломления жидкости

$$n_1 = \frac{1}{\sin i_1} = \frac{1}{\sin i_{\text{пр}}}. \quad (1.4)$$

Итак, если в опыте измерить предельный угол падения $i_{\text{пр}}$ света из жидкости на стеклянную пластинку, граничащую с воздухом, то по формуле (1.4) можно вычислить показатель преломления жидкости. Выходит, что плоскопараллельная стеклянная пластинка, расположенная между жидкостью и воздухом, не влияет на угол преломления при переходе света из жидкости через стекло в воздух (сравните ход лучей на рис. 1.7 а и рис. 1.7 б).

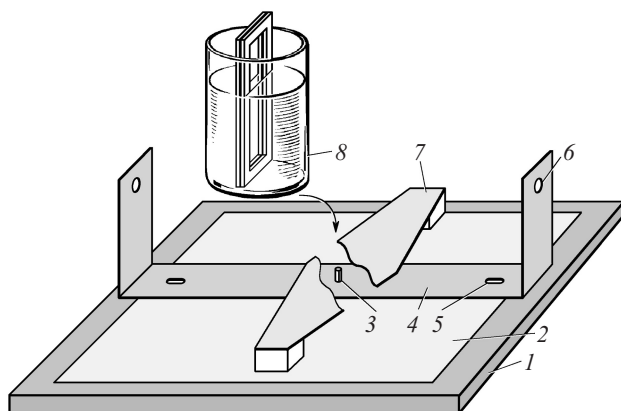


Рис. 1.8. Эскиз прибора для измерения показателя преломления жидкости с помощью плоскопараллельного воздушного слоя

На рис. 1.8 изображен простой прибор, позволяющий осуществить измерения. На основании 1 из фанеры, дерева, линолеума и т.д. кнопками закрепите лист белой бумаги 2. В центре листа вбейте небольшой гвоздик 3 без шляпки. На гвоздик наденьте визир 4, изогнутый из картона или дюралья и имеющий две щели 5, для того чтобы через них отмечать на бумаге положение визира, и два круглых отверстия 6 диаметром около 5 мм для наблюдения глазом. На деревянную подставочку 7, расположенную над визиром, поместите стакан 8 с водой и воздушным слоем. Стеклянные пластинки, ограничивающие воздушный слой, предварительно нужно прикрепить к стенке стакана пластилином. Если вы хотите получить достаточно точные результаты,