ЛЕКЦИЯ №9

**Электромагнитное излучение.**

**Явления волновой оптики.**

### электромагнитные волны

### и их основные характеристики

Электромагнитная волна представляет собой распространяющееся в пространстве переменное электромагнитное поле. Механизм образования и распространения электромагнитного излучения разработан в конце 19 века английским физиком Д.К.Максвеллом. В основе этой теории лежит два положения: ***всякое переменное электрическое поле порождает в окружающем пространстве вихревое магнитное поле и, наоборот, всякое переменное магнитное поле порождает вихревое электрическое поле.*** Это второе положение известно как явление электромагнитной индукции.

 Т.о. любой проводник, по которому течет переменный ток, любая совокупность электрических зарядов, совершающих колебания, образуют в среде вокруг себя систему взаимопроникающих электрических и магнитных полей, распространяющихся в пространстве – т.е. электромагнитную волну (рис.1).

Расположение силовых линий и векторов напряженностей полей таково, что  перпендикулярен  и каждый из них перпендикулярен вектору скорости волны **с**. Т.о. электромагнитные волны являются поперечными (рис.2).

Максвелл показал, что уравнение электромагнитной волны математически может быть представлено, как совокупность двух совпадающих по фазе плоских волн: электрической (т.е. волны напряженности поля электрического – Е = f(*x*,t) ) и магнитной (т.е. волны напряженности поля магнитного – Н = f(*x*,t) ).

 (1)



Для распространения электромагнитного излучения не требуется какая-либо среда. Однако, значения параметров этого излучения зависят от свойств среды. Так, например, скорость распространения электромагнитных волн в вакууме составляет около 3·108 м/с, а в стекле примерно в 1,5 раза меньше. В общем случае фазовая скорость распространения электромагнитных волн в среде с диэлектрической проницаемостью ε и магнитной проницаемостью μ:

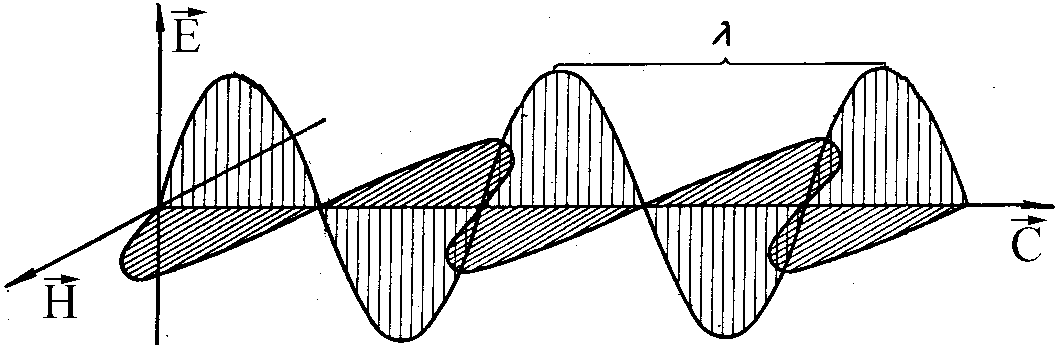


Рис. 2

, (2)

где  - скорость света в вакууме, ε0  и μ0 – диэлектрическая и магнитная постоянные.

Известно, что отношение c / = n – называется абсолютным показателем преломления данной среды, тогда из (2) получим:

. (3)

Не зависящей от условий распространения характеристикой волны является частота – ν. Соответственно, длина волны, т.е. расстояние, на которое перемещается волна за время равное периоду колебаний Т, будет зависеть от свойств среды: λ =  Т = */ν,* но  = c/n , тогда λn = с/nν. Т.к. с/ν = λ0 – длине волны данного излучения в вакууме, то

. (4)

Т.о. при переходе из одной среды в другую длина волны на границе будет изменяться скачком.

**2. ЭНЕРГИЯ ВОЛНЫ. ВЕКТОР УМОВА – ПОЙНТИНГА**

Как и механические, волны электромагнитные, переносят энергию. Энергия электромагнитной волны будет складываться из энергии поля электрического и энергии поля магнитного. Одной из энергетических характеристик поля является ***объемная плотность энергии – количество энергии*, *накопленной в единице объема электромагнитного поля.*** Мгновенные значения электрической и магнитной

составляющих этой величины определяются соотношениями:

*w*э.п. =  и *w*м.п. = , (5)

где Е и Н мгновенные значения напряжённостей полей. Для суммарной объемной плотности энергии поля получим:

*wэ.*м.п. = *w*э.п. + *w*м.п. =  + 

или после преобразования:

*wэ.*м.п. =  +  = . (6)

#### Интенсивность (плотность потока энергии) волны:

. (7)

Учитывая, что скорость величина векторная, можно записать:

. (8)

***Величина называется вектором Умова - Пойнтинга. Этот вектор определяет количество энергии, переносимое волной в направлении  за единицу времени, через единицу площади поперечного сечения волны.***

***I***

##### 3. ШКАЛА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН

Из теории Максвелла вытекает, что все электромагнитные волны имеют общую природу, но в зависимости от частоты отличаются друг от друга, как механизмом образования, так и по своим свойствам. Это позволяет разделить весь интервал длин волн на отдельные виды (рис.3):

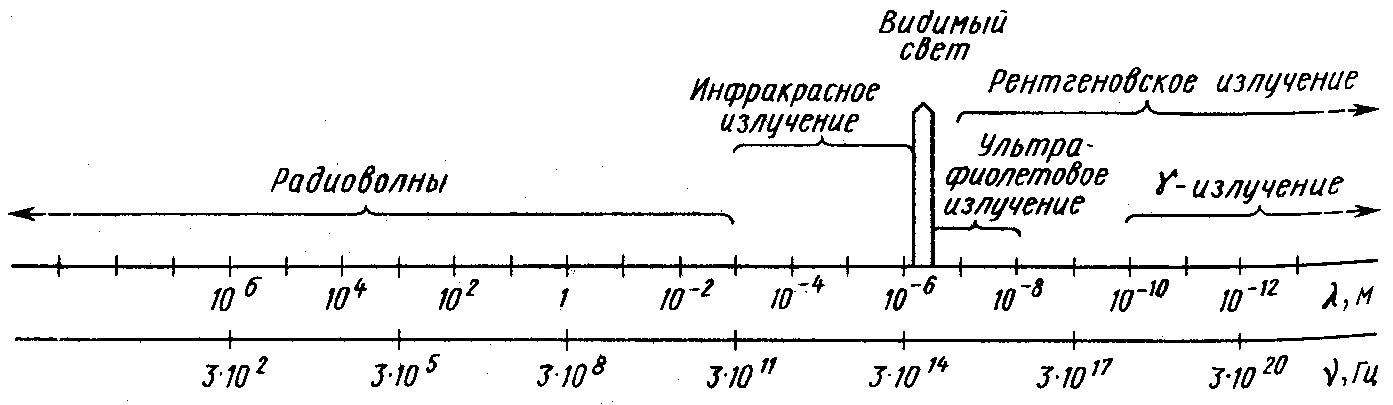


Рис. 3

I. радиоволны – λ = 103 ÷10-4 м, ν = 3∙105 ÷ 3·1012 Гц.

II. оптический диапазон:

а) инфракрасное (ИК) излучение

– λ = 8·10-7 ÷ 5·10-4 м, ν = 6∙1011 ÷ 3,75·1014 Гц.

б) видимый свет

– λ = 4·10-7 ÷8·10-7 м, ν = 3,75∙1014 ÷7,5·1014 Гц.

в) ультрафиолетовое (УФ) излучение

– λ = 1·10-9 ÷ 4·10-7 м, ν = 7,5∙1014 ÷ 3·1017 Гц.

Ш. рентгеновское излучение

– λ = 6·10-14 ÷ 2·10-9 м, ν = 1,5∙1017 ÷ 5·1019 Гц.

IV. γ - излучение

– λ ‹ 6·10-12 м, ν › 5·1019 Гц.

Следует иметь в виду, что границы диапазонов довольно условны, т.к. волны одной и той же длины могут возникать в разных процессах.

В медицинской практике принято следующее условное деление электромагнитных колебаний на частотные диапазоны: НЧ – до 20 Гц; ЗЧ – 20 Гц ÷ 30 кГц; УЗК – 20 кГц ÷ 200 кГц; ВЧ – 200 кГц ÷ 30 МГц; УВЧ – 30 МГц ÷ 300 МГц; СВЧ – свыше 300МГц.

###### 4. В О Л Н О В А Я О П Т И К А

4.1 ВВЕДЕНИЕ

Свет как физическое явление имеет двойственную природу. В явлениях излучения, поглощения и взаимодействия с веществом он проявляет себя как поток частиц. Однако распространяется свет как волна. На примере видимого света рассмотрим явления, которые находят объяснение исходя из волновой природы электромагнитных волн.

Источником излучения оптического диапазона являются свободные атомы или атомы в составе молекул, а также быстрые заряженные частицы. Каждая отдельная световая волна рождается при переходе одного из электронов атома с более высокого энергетического уровня на уровень с меньшей энергией. За время перехода (порядка 10-8 с) в пространстве, образуется поперечная электромагнитная волна (цуг) протяжённостью около 3 м. Поперечность электромагнитных волн означает, что оптические свойства материалов должны обладать асимметрией относительно направления распространения. Однако в естественных условиях этого не обнаруживается. Объясняется это тем, что переходы электронов с уровня на уровень происходят одновременно во множестве атомов, повторяясь через произвольные промежутки времени в каждом атоме вновь и вновь. Векторы  и  каждого отдельного цуга при этом ориентированы в пространстве совершенно случайным образом. Поэтому в результирующей волне, с которой имеет дело наблюдатель, образованной всей совокупностью одновременно испускаемых цугов, ***все направления колебаний  и  равновероятны. Такой свет называется естественным.***

Сделаем небольшое замечание: т.к. фотохимическое, фотоэлектрическое, физиологическое и другие действия света связаны в основном с воздействием на вещество электрической составляющей электромагнитного поля, то в дальнейшем, при изучении оптических явлений, мы будем пользоваться уравнениями и формулами, описывающими изменения напряженности  электрического поля волны. Этот вектор будем называть световым. Конечно все, что мы скажем о векторе  справедливо и для напряженности магнитного поля .

4.2 ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА

Рассмотрим случай наложения друг на друга двух волн одинаковой частоты, которые возбуждают в некоторой точке пространства колебания одинакового направления:

Е1 = Е01соs(ωt + φ01)

Е2 = Е02соs(ωt + φ02). (9)

Сложение этих двух колебаний, согласно принципу суперпозиции, даст результирующее колебание с амплитудой:

. (10)

Как видно из (10), амплитуда результирующего колебания зависит от разности фаз δφ = φ02 - φ01*.* Если разность фаз δφпроизвольно и хаотично изменяется, то средняя по времени величина соs(φ02 - φ0 )= 0. Тогда *.* Принимая во внимание, что интенсивность волны ***I ~ E2***получим ***Iр= I1 + I2***, т.е. количество энергии переносимое результирующей волной за единицу времени, через единицу площади в данной точке пространства равно сумме интенсивностей (энергий), складываемых волн.

***Если разность фаз δφ = φ02 - φ01  колебаний, возбуждаемых волнами в данной точке пространства с течением времени не изменяется, а вектора  и  параллельны друг другу, то такие волны называются когерентными.*** Для когерентных волн результат наложения зависит от значения δφ в данной точке.

В случае – ***соs* *δφ > 0*, *Iр > I1+ I2***.

Еслисоsδφ = 1, и Е1 = Е2 = Е, то Ер = Е12 + Е22 + 2Е1 Е2 = (2Е)2и ***Iр= 4I1***.

Если***соs* *δφ < 0*,то *Iр* < *I1* + *I2*.**

При соs δφ = -1,и Е1 = Е2 = Е – Е2 = Е12 + Е22 - 2Е1 Е2 = 0 и ***Iр = 0***.

Таким образом, при наложении когерентных волн происходит перераспределение энергии световых волн, в результате чего в одних местах наблюдается прирост энергии, зато в других уменьшение.

***Это явление перераспределения энергии в пространстве, которое происходит при наложении когерентных волн, получило название интерференции.***

***Точки, в которых интенсивность имеет наименьшее значение, называются интерференционными минимумами. Там, где энергия наиболее велика, располагаются интерференционные максимумы.***

В повседневной жизни явление интерференции, как правило, не наблюдается, т.к. обычные источники света некогерентные. Получить когерентные световые волны можно только искусственным путем, например, разделением волны, испускаемой одним источником, на две части, которые потом накладываются друг на друга (метод Юнга, зеркало Ллойда, бипризма Френеля и т.д.). Второй путь – использование специальных источников света – лазеров.

Определим условия образования интерференционных максимумов и минимумов. Для общности вывода предположим, что волны после разделения распространяются в разных средах (рис.4). До точки М, в которой происходит наложение когерентных волн, одна волна в среде с показателем преломления n1 прошла путь s1, а вторая – в среде с показателем преломления n2 – путь s2. В соответствии с (1) первая волна возбудит колебание

, а вторая , где υ1 =с/n1 и υ2 =с/n2 фазовые скорости волн, соответственно, в первой и второй среде.

Разность фаз колебаний, возбуждаемых волнами вида (1) в точке М:

Δφ = φ2 - φ1*=* . (11)

Величины L1= s1n1 и L2 = s2n2 называются оптической длиной пути, а величина Δ = *L2 - L1* - оптической разностью хода двух волн.

Т.к. max возникает в точках, для которых соs δφ = 1, а это, как известно, выполняется для всех ***δφ = 2kπ*** (k = 0, ±1, ±2, …), то мы можем записать для максимумов:

 = 2*kπ* или Δmax = 2*k*. (12)

Это означает, что во всех точках, для которых разность хода двух когерентных волн равна нулю или четному числу полуволн будет наблюдаться интерференционный максимум. Совокупность таких точек с одним и тем же значением *k* образует линию максимума *k-го* порядка**.**

Для интерференционных минимумов аналогично получим: т.к. соs δφ = 0в случае, если ***δφ = (2k+1) π***,где k = 0, ±1, ±2, …, то:

 = (2k + 1)πили Δmin = (2*k* + 1)**. (13)

Совокупность точек с постоянным значением k образуют линии интерференционных минимумов *k*-го порядка, которые располагаются между линиями соответствующих максимумов.

***В целом интерференционная картина монохроматического света представляет собой чередование светлых и темных полос.***

Явление интерференции широко используется на практике: для контроля качества обработки поверхностей; для просветления оптики; для наблюдения живых неокрашенных объектов, неконтрастных в проходящем свете (интерференционная микроскопия); в области точных измерений (при определении длин волн спектральных линий и показателей преломления газов n ≈ 1); в метрологии; в санитарной практике для контроля чистоты воздуха; для создания высокоотражающих покрытий, применяемых в лазерной технике. И, наконец, явление интерференции лежит в основе принципиально нового способа получения изображения предметов – ***голографии.*** Этот способ позволяет получать не только плоское, но и объемное трёхмерное изображение предметов. Например, голографический гастроскоп позволяет получить объемные снимки некоторых доступных полостей человеческого организма.

Рассмотрим в качестве примера интерференцию света при отражении от тонких пленок. Этот случай имеет большое практическое значение в связи с так называемым «просветлением оптических приборов» – микроскопов, фотоаппаратов, телескопов, перископов и т.д. В сложных объективах оптических приборов происходит значительная потеря световой энергии из-за отражения на поверхностях оптических деталей (линзы, призмы и др.), что ухудшает качество изображения. Число отражающих поверхностей в современных фотообъективах более 10, а в перископах подводных лодок около 40. В результате, из-за отражения через оптическую систему приборов проходит всего 10-20 % света. Ухудшает качество изображения и рассеяние, сопровождающее процесс отражения.

Для устранения этих недостатков, поверхности линз, обращенные к источнику света, покрывают тонкой прозрачной пленкой с показателем преломления меньшим, чем у материала линзы. При падении пучка света на эту пленку часть волны отражается от её поверхности (рис.5, луч 2'), а вторая часть, преломляясь, проникает в пленку и отражается от поверхности линзы (рис.5, луч 1). Выходя через верхнюю поверхность пленки эта часть волны, вторично испытав преломление, будет интерферировать с той частью волны, которая отразилась от поверхности плёнки (рис.5, лучи 1' и 2'). Если подобрать толщину d и показатели преломления пленки n и стекла nс так, чтобы интерферирующие волны 1' и 2' друг друга гасили (т.е. наблюдался min), то это будет означать, что вся энергия падающего пучка света без потерь проходит в прибор. Для этого необходимо, что бы их амплитуды были равны, а разность хода Δ удовлетворяла условию . Из теории известно, что амплитуды отражённых лучей равны, если . Разность хода двух волн в случае, когда n0 < n < nс можно найти по формуле:

 Δ = 2dncosβ *= *. (14)

Здесь d – толщина пленки; n0, n, nс – показатели преломления воздуха, плёнки и стекла линзы, соответственно; β *–* угол преломления, α – угол падения. Условие min при нормальном падении света примет вид:

. (15)

Т.к. добиться одновременного гашения для всех длин волн невозможно, то это обычно делается для наиболее восприимчивой глазом длины волны λ ≈ 0,55 мкм. Поэтому поверхность объектива с просветлённой оптикой кажется голубой.

Существуют специальные приборы – интерферометры, действие которых основано на явлении интерференции. С помощью интерферометров, разных по конструкции и назначению, решают практические задачи, связанные с очень точными измерениями физических параметров тел (длина, угол, показатель преломления…).

Рассмотрим в качестве примера устройство интерферометра Жамена (рис.6а), который используют в санитарной практике для контроля чистоты окружающей нас атмосферы. Основу этого измерительного прибора образуют две одинаковые толстые зеркальных пластины **А** и **Б**, которые установлены почти параллельно друг другу. Пучок света от источника **S** падает под углом 45° на пластину **А** и, вследствие отражения от передней и задней поверхностей, раздваивается на когерентные пучки 1 и 2. На пути этих пучков, вытянутых по вертикали, расположены две одинаковые кюветы К1 и К2. Они установлены таким образом, что верхние половины пучков проходят над, а нижние через кюветы К1 и К2. Отразившись от пластины **Б,** пучки частично собираются вместе (пучки 1' и 2'). Т.к. пластины не параллельны, то между верхней и нижней парой пучков образуется разность хода, и они интерферируют. Интерференционную картину, которая представляет собой чередование светлых и темных участков (рис.6б), наблюдают в зрительную трубу **Т**. Если теперь одну из кювет, например К1, заполнить газом, то появится дополнительная разность хода:

. (16)

Она вызовет смещение интерференционной картины (рис.6в), что позволяет определить nв. Т.к. смещение интерференционной картины на одну полосу (ширина max + min) соответствует изменению разности хода лучей на одну длину волны, то смещение на m полос будет соответствовать изменению разности хода на Δв = mλ. Теперь

, откуда . (17)

# 4.3 ДИФРАКЦИЯ СВЕТА

Закон прямолинейного распространения света известен с давних времен. Об этом, в частности, свидетельствует и наш повседневный опыт. Кто из нас не наблюдал, как при освещении непрозрачных предметов за ними образуется тень, т.е. область, куда свет не заходит. Однако обнаруживается, что волны на краях препятствий не подчиняться закону прямолинейного распространения. Они могут проникать в область геометрической тени (рис.7). ***Явление отклонения световых волн от прямолинейного распространения при прохождении света мимо края препятствия получило название дифракции света.***

Объяснить явление дифракции можно исходя из ***принципа Гюйгенса-Френеля*.** Этот принцип представляет собой правило, объясняющее, как, исходя из положения волнового фронта в данный момент, найти новое положение волнового фронта в последующий момент времени.

Гюйгенс предложил рассматривать ***каждую точку среды, которой достигла волна, как источник вторичных сферических волн, распространяющихся по всем направлениям со скоростью, присущей данной среде. Поверхность*, *огибающая вторичные волны*,  *представляет собой фронт волны в данный момент времени.***

Изложенное правило позволяет определить направление распространения волнового фронта, но не затрагивает вопроса о количественном распределении энергии дифрагировавшей волны. Этот недостаток был устранен Френелем, который дополнил изложенный принцип следующим положением: ***вторичные сферические волны являются когерентными и колебания в любой точке пространства, которой вторичные волны достигнут в момент времени t , представляют собой результат интерференции этих вторичных волн.*** Т.о., правило распространения огибающей поверхности было заменено расчетом взаимной интерференции вторичных волн.

 В качестве примера практического использования принципа Гюйгенса–Френеля рассмотрим дифракцию плоской волны (дифракцию Фраунгофера) на щели (рис.8). Выберем за щелью произвольное направление распространения света, которое образует с направлением падающего пучка угол φк (угол дифракции). Проведем АС перпендикулярно выбранному направлению дифракции. Разобьем ВС на отрезки длиной λ/2. Параллельно АС через точки разбиения (1, 2, 3) проведем линии, которые разделят открытую часть волновой поверхности АВ на***участки равной ширины – зоны Френеля*,** параллельные краям щели**.** По построению АМ = СМ, а ∆ – разность хода лучей от краев зон Френеля равна λ/2. Это означает, что волны, идущие от двух соседних зон при наложении погасят друг друга. Т.о., если на открытой части волновой поверхности для данного направления наблюдения уложится целое четное число зон Френеля, то для данного направления будет наблюдаться *min*  интенсивности, т.к. зоны попарно друг друга погасят. Если число зон Френеля целое и нечетное, то в этом направлении будет наблюдаться *max*.

Определим эти направления. Из построения видно, что ширина одной зоны Френеля – *l0*будет:

,

а число зон, укладывающихся в щели АВ шириной b:

.

Т.к. минимум наблюдается при m = 2k, то условие минимума –

 , откуда bsinφ = 2kλ/2 . (18)

При m = (2k +1) наблюдается максимум и условие максимума –

 , откуда bsinφ = (2k+1)λ/2. (19)

Т.о., на экране за щелью мы будем наблюдать систему чередующихся светлых и темных полос, симметричных относительно середины щели. Отметим, что для направлений, в которых на открытую часть волнового фронта уложится не целое число зон Френеля, интенсивность будет иметь некоторое промежуточное значение. Это значит, что переходы от *max* к *min* и от *min* к *max* будут плавными.

Дифракционный спектр может быть использован для изучения состава излучения. Однако при дифракции на щели энергия, переносимая в направлении *max* невелика и наблюдения затруднены.

4.4 ЯВЛЕНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИИ

 В пучке естественного света результирующий световой вектор быстро и беспорядочно меняет направление своих колебаний (рис.9а). Однако при определенных условиях можно получить пучок света, в котором колебания светового вектора  будут совершаться только вдоль одного единственного направления. Такой пучок называется плоско- или линейно поляризованным.

*Плоскость, проходящая через вектор  и направление распространения волны, т.е. через вектор скорости  получила название плоскости поляризации пучка* (рис. 9б)*.*

*Световой пучок, в котором колебания  вдоль какого-то одного направления преобладают над колебаниями в других направлениях, называется частично поляризованным.*

Поляризация достаточно распространенное явление природы. Однако мы этого не замечаем, т. к. глаз человека не в состоянии отличить поляризованный свет от неполяризованного. По этой причине поляризацию света и явления с ней связанные, можно наблюдать только с помощью специальных приборов, которые называются поляризаторами. Эти устройства свободно пропускают колебания, параллельные одной определенной плоскости, которую можно выделить в каждом поляризаторе, и не пропускают колебания перпендикулярные этой плоскости. Эту плоскость мы будем называть главной плоскостью поляризатора.

 Пусть направление колебаний напряжённости электрического поля *i*-ой волны образует с главной плоскостью поляризации угол φ*i* (рис.10). Тогда составляющая , прошедшая через поляризатор, имеет амплитуду: . Так как в пучке естественного света все значения φ*i* равновероятны, а интенсивность I ~ Е2, то доля интенсивности, прошедшей через поляризатор будет равна доле не прошедшей, т. е.

I = Σ · I0,*i* · cos2φi = I0/2. (20)

 Рассмотрим случай, когда на поляризатор падает плоскополяризованное излучение (рис.11). Ясно, что если плоскость поляризации пучка параллельна главной плоскости поляризатора, то пучок проходит полностью, а если перпендикулярна, то не проходит совсем.

В произвольном случае (для одной волны) через поляризатор пройдет составляющая колебаний с амплитудой . *Интенсивность поляризованного пучка света, прошедшего через поляризатор определяется* *законом Малюса*. Учитывая, что для всех волн пучка угол φ имеет одно и то же значение, для интенсивности получим:

. (21)

4.5 ЯВЛЕНИЯ, ПРИВОДЯЩИЕ К ПОЛЯРИЗАЦИИ СВЕТА

ЯВЛЕНИЕ ДВУЛУЧЕПРЕЛОМЛЕНИЯ

 Как показывает опыт, явление частичной, а при определенных условиях и полной поляризации, имеет место при отражении, преломлении, рассеянии и поглощении естественного света. Например: при падении света на границу раздела двух диэлектриков под углом не равным нулю отражённый и преломленный лучи оказываются частично поляризованными. Причём, в отражённом луче преобладают колебания, перпендикулярные плоскости падения, а в преломлённом – параллельные ей (рис.12а). Степень поляризации в этом случае зависит от угла падения α. При угле падения αБ, удовлетворяющему условию:

, (22)

отражённый луч оказывается полностью поляризованным, а преломлённый достигает максимума поляризации (рис.12б). Это закон Брюстера (n1,2 – показатель преломления среды 2 относительно среды 1). Можно показать, что при выполнении закона Брюстера, отраженный и преломленный лучи взаимноперпендикулярны.

 Для поляризации света обычно используют явление двойного лучепреломления. Явление состоит в том, что при преломлении света на границе анизотропной среды (кристаллы исландского шпата – СаСО3, турмалина, кварца и др.) наблюдается раздвоение преломленного светового пучка (рис.13). Это происходит вследствие зависимости скорости световых волн, а значит и показателя преломления, от направления колебаний вектора . Для одного луча выполняются законы преломления, и он называется обыкновенным – о. Для другого они не выполняются. Этот луч называется необыкновенным – е. Необыкновенный луч может не лежать в плоскости падения, а отношение синуса угла падения к синусу угла преломления (sinα/sinβ) для него не постоянно. Оно зависит от значения угла падения α. Оба луча являются полностью поляризованными.

В двулучепреломляющих кристаллах существуют направления, для которых скорости распространения обыкновенного и необыкновенного лучей одинаковы . Для этих направлений, которые называются оптическими осями кристалла, явление двойного лучепреломления не наблюдается. Плоскости, проходящие через оптические оси и падающий луч, являются главными плоскостями таких кристаллов. Колебания вектора  обыкновенного луча перпендикулярны главной плоскости, а необыкновенного – лежат в этой плоскости.

Самостоятельно двулучепреломляющие кристаллы как поляризаторы не используются, т. к. обыкновенный и необыкновенный лучи пространственно расходятся очень мало. Из таких кристаллов изготавливают специальные поляризационные призмы – николи. Николь представляет собой параллелепипед, разрезанный по диагонали и склеенный канадским бальзамом (смола пихты) с nо > nбальзама > nе (рис.14). Подбирая соответствующим образом огранку николя, добиваются полного отражения обыкновенного луча от границы кристалл – канадский бальзам (рис.14).

В некоторых двулучепреломляющих кристаллах один из лучей испытывает аномально большое поглощение. Это явление получило название – дихроизм. Сильным дихроизмом в видимых лучах обладают кристаллы турмалина. Поляризаторы на основе этого явления представляют собой прозрачную полимерную пленку толщиной около 0,1 мм, в которую введено большое количество одинаково ориентированных кристалликов, например, сульфата йодистого хинина – герапатита. Такие поляризаторы называются поляроиды.

4.6 ОПТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ВЕЩЕСТВ

При прохождении плоскополяризованного света через некоторые вещества наблюдается вращение плоскости поляризации вокруг направления распространения луча. Вещества, обладающие такой способностью, называются оптически активными (кварц, скипидар, никотин, водные растворы сахара и винной кислоты и др.). Это явление обусловлено особенностями структуры молекул этих веществ. Различают левовращающие и правовращающие оптически активные вещества.

В общем случае, для всех оптически активных веществ угол поворота Δφ плоскости поляризации для данной длины волны прямопропорционален толщине слоя *l*, через который проходит поляризованный пучок света:

Δφ = α · *l*. (23)

Коэффициент α называется постоянной вращения или вращательной способностью вещества. Значение α зависит от температуры, природы вещества и длины волны излучения λ. Так, например, для кварца при λ = 0,5890 мкм – α = 21,7 град/мм, а если λ = 0,4047 мкм – α = 48,9 град/мм. Зависимость α = f ( λ ) получила название дисперсии оптической активности. Для растворов оптически активных веществ вращательная способность прямопропорциональна концентрации вещества с – α = [α0]c. В этом случае:

Δφ = [α0]c *l.* (24)

Коэффициент [α0] называется удельным вращением. Его значение зависит от природы оптически активного вещества, длины волны, температуры и свойств растворителя.

Соотношение (24) лежит в основе концентрационной поляриметрии – метода измерения концентрации растворенных веществ. В медицине этот метод используется для определения содержания сахара в моче. Соответствующие приборы для измерения концентрации называются поляриметрами.

Явление поляризации нашло применение и в других практических случаях: в поляризационной микроскопии, исследовании структурных превращений веществ, молекулярной биофизике и т. д.