

Тема: ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ПРИРОДА СВЕТА

Свет прибывает к нам чувствительностью.
Без визуальной чувствительности нет света, нет движения.
Роберт Делоне

Первые представления о природе света возникли у древних греков и египтян. По мере изобретения и совершенствования различных оптических приборов (параболического зеркала, микроскопа, зрительной трубы) эти представления развивались и трансформировались. В конце XVII века возникли две теории света: корпускулярная (И. Ньютон) и волновая (Р. Гук и Х. Гюйгенс).

Согласно корпускулярной теории, свет представляет собой поток частиц (корпускул), испускаемых светящимися телами. Ньютон считал, что движение световых корпускул подчиняется законам механики. Так, отражение света понималось аналогично отражению упругого шарика от плоскости. Преломление света объяснялось изменением скорости корпускул при переходе из одной среды в другую. Для случая преломления света на границе вакуум–среда корпускулярная теория приводила к следующему виду закона преломления:

$$\frac{\sin \varphi}{\sin \psi} = \frac{v}{c} = n,$$

где c – скорость света в вакууме, v – скорость распространения света в среде. Так как $n > 1$, из корпускулярной теории следовало, что скорость света в средах должна быть больше скорости света в вакууме. Ньютон пытался также объяснить появление интерференционных полос, допуская определенную периодичность световых процессов. Таким образом, корпускулярная теория Ньютона содержала в себе элементы волновых представлений.

Источники света-приборы и устройства, а также природные и космические объекты, в которых различные виды энергии преобразуются в энергию оптического излучения.

Источники света-тела способные излучать свет.

Источники света:

1. ЕСТЕСТВЕННЫЕ (природные) (солнце, звезды, молния, северное сияние, сверчки);

2. ИСКУССТВЕННЫЕ (лампочки, костры, свечи).

Физическая оптика исследует проблемы связанные с процессами испускания и распространения света, природой света и его взаимодействия с веществом.

Утверждение, что свет-поперечные электромагнитные волны, явилось результатом огромного числа экспериментальных исследований дифракции света, интерференции света, поляризации света, его распространение.

Свет играет чрезвычайно важную роль в нашей жизни. Подавляющее количество информации об окружающем мире человек получает с помощью света. Однако, в оптике как разделе физики под светом понимают не только видимый свет, но и примыкающие к нему широкие диапазоны спектра электромагнитного излучения – инфракрасный (ИК) и ультрафиолетовый (УФ). По своим физическим свойствам свет принципиально неотличим от электромагнитного излучения других диапазонов – различные участки спектра

отличаются друг от друга только длиной волны λ и частотой ν . Рис. 3.6.2. дает представление о шкале электромагнитных волн.

Волновая оптика-раздел физической оптики,изучающий совокупность явлений,в которых проявляется волновая природа света.

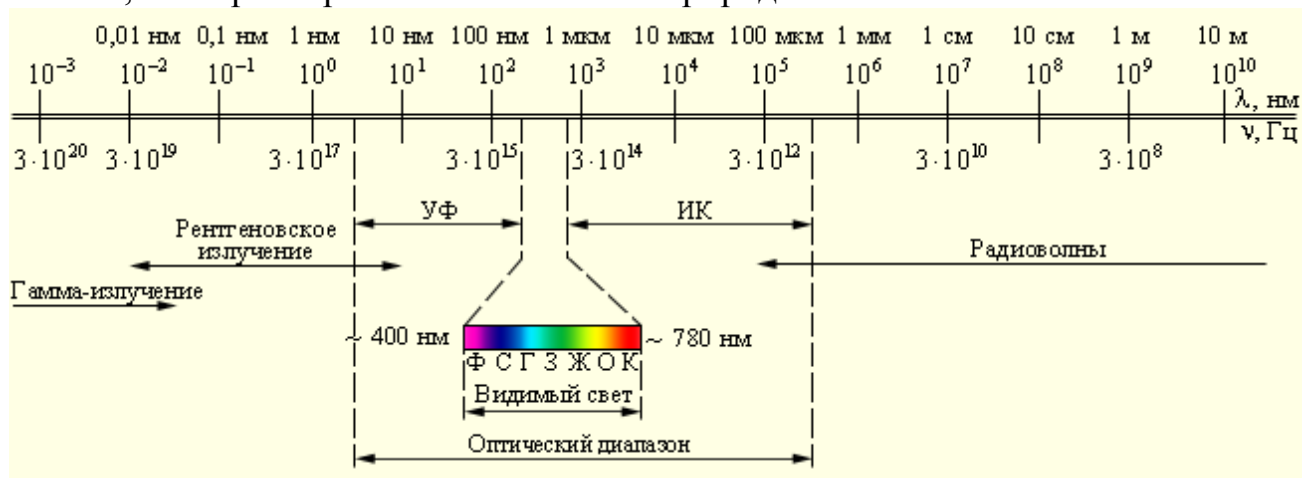


Рисунок1.Шкала электромагнитных волн. Границы между различными диапазонами условны

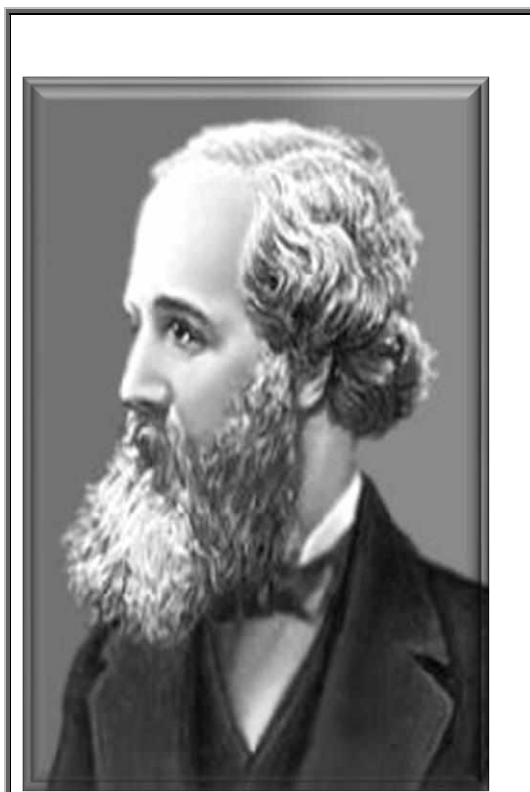
Для измерения длин волн в оптическом диапазоне используются единицы длины 1 нанометр (нм) и 1 микрометр (мкм):

$$1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м} = 10^{-7} \text{ см} = 10^{-3} \text{ мкм}.$$

Видимый свет занимает диапазон приблизительно от 400 нм до 780 нм или от 0,40 мкм до 0,78 мкм.

Электромагнитная теория света берет начало с работ Максвелла. Максвелл чисто теоретически показал возможность существования электромагнитных волн, а также нашел, что скорость распространения этих волн в вакууме должна быть равна скорости света, которая к тому времени уже была известна.

Максвелл Джеймс Клерк(1831 — 1879), английский физик, создатель классической электродинамики, один из основоположников статистической физики. Создал теорию электромагнитного поля (уравнения Максвелла), описывающую электромагнитные явления в средах и в вакууме. Предсказал существование электромагнитных волн и электромагнитную природу света. Установил закон распределения молекул газа по скоростям (распределение Максвелла). Ввел статистические представления в термодинамику и впервые употребил термин "статистическая механика". Исследовал вязкость, диффузию, теплопроводность газов, цветное зрение. Основатель и первый директор (1871) Кавендишской лаборатории в Кембриджском университете



(Великобритания), ставшей мировым научным центром.



В основе электромагнитной теории света лежит факт совпадения скорости света со скоростью распространения электромагнитных волн.

Кроме того, из теории Максвелла непосредственно вытекало, что электромагнитные волны являются поперечными. К тому времени поперечность световых волн уже была доказана экспериментально. Поэтому Максвелл обоснованно считал поперечность электромагнитных волн еще одним важным доказательством справедливости электромагнитной теории света.

После того как Герц экспериментально получил электромагнитные волны и измерил их скорость, электромагнитная теория света получила первое экспериментальное подтверждение. Было доказано, что электромагнитные волны при своем распространении обнаруживают те же свойства, что и световые; отражение, преломление, интерференцию, поляризацию и др. В конце XIX века было окончательно установлено, что световые волны возбуждаются движущимися в атомах заряженными частицами.

С признанием электромагнитной теории света постепенно исчезли все затруднения, связанные с необходимостью введения гипотетической среды — эфира, который приходилось рассматривать как твердое тело. Световые волны — это не механические волны в особой всепроникающей среде — эфире, а волны электромагнитные. Электромагнитные же процессы подчиняются не законам механики, а своим собственным законам. Эти законы и были установлены в окончательной форме Максвеллом.

В электромагнитной волне векторы \vec{E} и \vec{B} перпендикулярны друг другу. В естественном свете колебания напряженности электрического поля \vec{E} и магнитной индукции \vec{B} происходят по всем направлениям, перпендикулярным направлению распространения волны. Если свет поляризован, то колебания как \vec{E} , так и \vec{B} происходят не по всем направлениям, а в двух определенных плоскостях.

Возникает естественный вопрос: когда шла речь о направлении колебаний в световой волне, то, собственно говоря, колебания какого вектора — \vec{E} или \vec{B} — имелись в виду? Специально поставленные опыты доказали, что на сетчатку глаза или фотоэмульсию действует именно электрическое поле световой волны.

В связи с этим за направление колебаний в световой волне принято направление вектора напряженности \vec{E} электрического поля.

Открытие электромагнитной теории света — одно из немногих открытий, сделанных «на кончике пера», т. е. Теоретически. Но уверенность в

справедливости электромагнитной теории стала всеобщей после ее экспериментального подтверждения.

Определение скорости света

Когда мы поворачиваем выключатель, то вся комната сразу же озаряется светом. Кажется, что свету совсем не надо времени, чтобы достигнуть стен. Делались многочисленные попытки определить скорость света. Для этого пытались измерить по точным часам время распространения светового сигнала на большие расстояния (несколько километров). Но эти попытки не дали результатов. Начали думать, что распространение света совсем не требует времени, что свет любые расстояния преодолевает мгновенно. Однако оказалось, что скорость света не бесконечно велика, и эта скорость была в конце концов измерена.

Астрономический метод измерения скорости света

Скорость света впервые удалось измерить датскому ученому О. Рёмеру в 1676 г. Рёмер был астрономом, и его успех объясняется именно тем, что проходимые светом расстояния, которые он использовал для измерений, были очень велики. Это расстояния между планетами Солнечной системы.

Рёмер наблюдал затмения спутников Юпитера — самой большой планеты Солнечной системы. Юпитер в отличие от Земли имеет четырнадцать спутников.

Ближайший его спутник — Ио — стал предметом наблюдений Рёмера. Он видел, как спутник проходил перед планетой, а затем погружался в ее тень и пропадал из поля зрения. Затем он опять появлялся, как мгновенно вспыхнувшая лампа. Промежуток времени между двумя вспышками оказался равным 42 ч 28 мин.

Таким образом, эта «луна» представляла собой громадные небесные часы, через равные промежутки

времени посылавшие свои сигналы на Землю.

Вначале измерения производились в то время, когда Земля при своем движении вокруг Солнца ближе всего подошла к Юпитеру (рис. 1). Такие же измерения, проведенные несколько месяцев спустя, когда Земля удалилась от Юпитера, неожиданно показали, что спутник опоздал появиться из тени на целых 22 мин по сравнению с моментом времени, который можно было рассчитать на основании знания периода обращения Ио.



Оле Кристенсен Рёмер

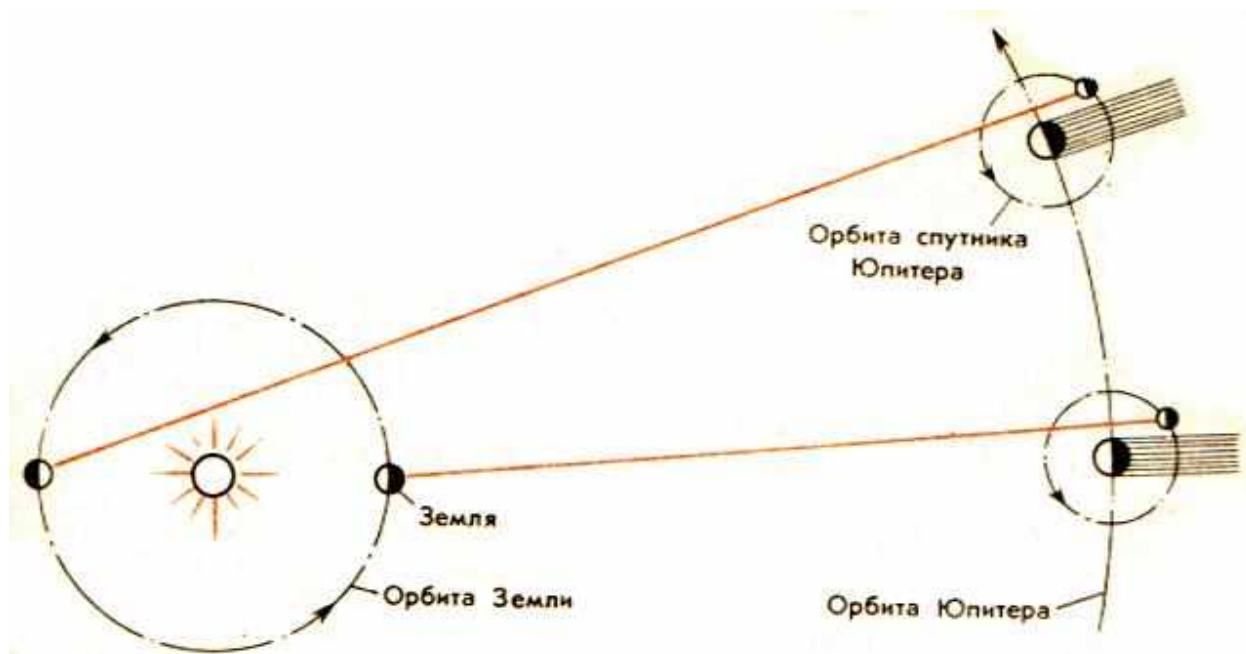


Рис.1

Рёмер объяснял это так: «Если бы я мог остаться на другой стороне земной орбиты, то спутник всякий раз появлялся бы из тени в назначенное время, наблюдатель, находящийся там, увидел бы Ио на 22 мин раньше. Запаздывание в этом случае происходит от того, что свет употребляет 22 мин на прохождение от места моего первого наблюдения до моего теперешнего положения». Зная запаздывание появления Ио и расстояние, которым оно вызвано, можно определить скорость, разделив это расстояние на время запаздывания. Скорость оказалась чрезвычайно большой, примерно 300.000 км/с. Поэтому-то крайне трудно уловить время распространения света между двумя удаленными точками на Земле. Ведь за одну секунду свет проходит расстояние, большее длины земного экватора в 7,5 раза.

Лабораторные методы измерения скорости света

Впервые скорость света лабораторным методом удалось измерить французскому физика И. Физо в 1849 г.

В опыте Физо свет от источника, пройдя через линзу, падал на полупрозрачную пластинку 1 (рис.2). После отражения от пластинки сфокусированный узкий пучок направлялся на периферию быстро вращающегося зубчатого колеса. Пройдя между зубцами, свет достигал зеркала 2, находившегося на расстоянии нескольких километров от колеса. Отразившись от зеркала, свет, прежде чем попасть в глаз наблюдателя, должен был пройти опять между зубцами. Когда колесо вращалось медленно, свет, отраженный от зеркала, был виден. При увеличении скорости вращения он постепенно исчезал. В чем же здесь дело? Пока свет, прошедший между двумя зубцами, шел до зеркала и обратно, колесо успевало повернуться так, что на место прорези вставал зубец, и свет переставал быть видимым.

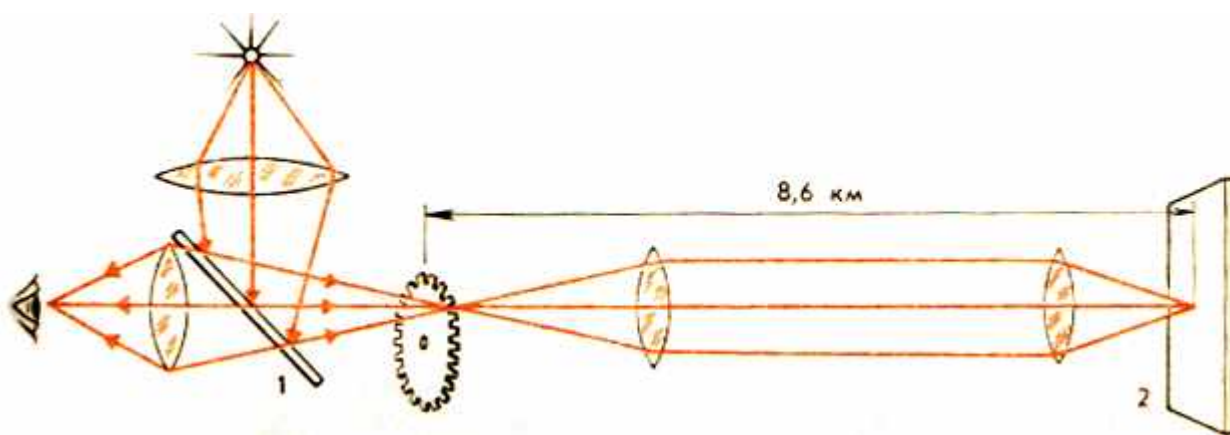


Рис.2

Рёмер объяснял это так: «Если бы я мог остаться на другой стороне земной орбиты, то спутник всякий раз появлялся бы из тени в назначенное время, наблюдатель, находящийся там, увидел бы Ио на 22 мин раньше. Запаздывание в этом случае происходит от того, что свет употребляет 22 мин на прохождение от места моего первого наблюдения до моего теперешнего положения». Зная запаздывание появления Ио и расстояние, которым оно вызвано, можно определить скорость, разделив это расстояние на время запаздывания. Скорость оказалась чрезвычайно большой, примерно 300.000 км/с. Поэтому-то крайне трудно уловить время распространения света между двумя удаленными точками на Земле. Ведь за одну секунду свет проходит расстояние, большее длины земного экватора в 7,5 раза.

Была измерена скорость в различных прозрачных веществах. Скорость света в воде была измерена в 1856 г. Она оказалась в $\frac{4}{3}$ раза меньше, чем в вакууме. Во всех других веществах она также меньше, чем в вакууме.

Но современным данным, скорость света в вакууме равна 299.792.458 м/с с точностью $\pm 1,2$ м/с. Приблизительно скорость света можно считать равной $3 \cdot 10^8$ м/с. Это значение скорости света нужно обязательно запомнить. При дальнейшем увеличении скорости вращения свет опять становился видимым. Очевидно, что за время распространения света до зеркала и обратно колесо успело повернуться настолько, что на место прежней прорези встала уже новая прорезь. Зная это время и расстояние между колесом и зеркалом, можно определить скорость света. В опыте Физо расстояние равнялось 8,6 км и для скорости света было получено значение 313.000 км/с.

Было разработано еще много других, более точных лабораторных методов измерения скорости света. В частности, американский физик А. Майкельсон разработал совершенный метод измерения скорости света с применением вращающихся зеркал.

Была измерена скорость в различных прозрачных веществах. Скорость света в воде была измерена в 1856 г. Она оказалась в $\frac{4}{3}$ раза меньше, чем в вакууме. Во всех других веществах она также меньше, чем в вакууме.

Но современным данным, скорость света в вакууме равна 299792458 м/с с точностью $\pm 1,2$ м/с. Приблизительно скорость света можно считать равной $3 \cdot 10^8$ м/с. Это значение скорости света нужно обязательно запомнить.

Определение скорости света сыграло в науке очень важную роль. Оно в значительной степени способствовало выяснению природы света. Особое значение скорость света имеет потому, что ни одно тело в мире не может двигаться со скоростью, превышающей скорость света в вакууме.

Электромагнитная теория света позволила объяснить многие оптические явления, такие как интерференция, дифракция, поляризация и т. д. Однако, эта теория не завершила понимание природы света. Уже в начале XX века выяснилось, что эта теория недостаточна для истолкования явлений атомного масштаба, возникающих при взаимодействии света с веществом. Для объяснения таких явлений, как излучение черного тела, фотоэффект, эффект Комптона и др. потребовалось введение квантовых представлений. Наука вновь вернулась к идее корпускул – световых квантов. Тот факт, что свет в одних опытах обнаруживает волновые свойства, а в других – корпускулярные, означает, что он имеет сложную двойственную природу, которую принято характеризовать термином корпускулярно-волновой дуализм.