



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Естественные науки»

Учебно-методическое пособие

для иностранных слушателей
дополнительных общеобразовательных программ

«Физика. Волновые свойства света»

Авторы
Цветковская С.М., Донец И.В.

Ростов-на-Дону, 2016





Аннотация

Учебно-методическое пособие предназначено иностранным слушателям, изучающим курс физики по дополнительным общеобразовательным программам (инженерно-техническая и технологическая, естественнонаучная, медико-биологическая направленности).

Пособие составлено на базе лекций по темам «Электромагнитные волны», «Волновая природа света», которые читаются иностранным слушателям Международного факультета, и нацелено на подготовку иностранной аудитории к лекционной форме обучения в русскоязычной среде на продвинутом этапе обучения.

Пособие состоит из двух частей, каждая из которых содержит адаптированный лекционный материал, контрольные вопросы, ключевые слова и словосочетания.

Авторы

к.ф.-м.н., доцент Цветковская С.М.,

к.ф.-м.н., доцент Донец И.В.



Оглавление

Глава 1 Электромагнитные волны.....	4
1.1 Гипотеза Максвелла.....	4
1.2 Открытие электромагнитных волн	4
1.3 Природа электромагнитных волн	6
1.4 Изобретение радио	8
1.5 Понятие о радиосвязи, телевидении, радиолокации .	8
1.6 Шкала электромагнитных волн	9
1.7 Скорость света	9
1.8 Ключевые слова и словосочетания	10
1.9. Контрольные вопросы и задания	10
Глава 2. Волновая природа света	12
2.1 Оптический диапазон.....	12
2.2 Дисперсия.....	13
2.3 Интерференция.....	14
2.4 Дифракция.....	15
2.5 Ключевые слова и словосочетания	16
2.6 Контрольные вопросы и задания	16
Литература.....	17

ГЛАВА 1 ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ

1.1 Гипотеза Максвелла

Английский физик Джеймс Максвелл (1831-1879) на основании изучения экспериментальных работ Фарадея по электричеству и магнетизму в 1846 году высказал гипотезу о существовании в природе особых волн, способных распространяться в вакууме. Эти волны Максвелл назвал электромагнитными.

Основанием для гипотезы Максвелла явилось открытие Фарадея. В 1831 году Фарадей установил, что любое изменение магнитного потока в контуре вызывает появление в нем индукционного тока. Максвелл объяснил появление индукционного тока возникновением вихревого электрического поля при любом изменении магнитного поля.

Далее он предположил, что электрическое поле обладает такими же свойствами – при любом изменении электрического поля в окружающем пространстве возникает вихревое электромагнитное поле. Максвелл сделал вывод, что переменное магнитное поле порождает переменное электрическое поле, которое, в свою очередь, порождает переменное магнитное поле и т.д. Однажды начавшийся процесс взаимного порождения магнитного и электрического полей должен непрерывно продолжаться и захватывать все новое и новые области в окружающем пространстве.

Процесс распространения переменных магнитного и электрического полей является электромагнитной волной.

Электрическое и магнитное поля могут существовать не только в веществе, но и в вакууме. Электромагнитные волны могут распространяться в среде и в вакууме.

Максвелл рассчитал, что скорость распространения электромагнитных волн, должна быть равной примерно 300000 км/с. Впоследствии опыты по измерению скорости электромагнитных волн подтвердили это.

1.2 Открытие электромагнитных волн

Немецкий физик Генрих Герц (1857-1894) впервые экспериментально в лабораторных условиях обнаружил электромагнитные волны в 1888 году. Для получения волн Герц применил изобретенный им волновой вибратор.

Физика. Волновые свойства света

Вибратор Герца – это система, которая излучает электромагнитные волны в окружающее пространство.

Устройство вибратора Герца

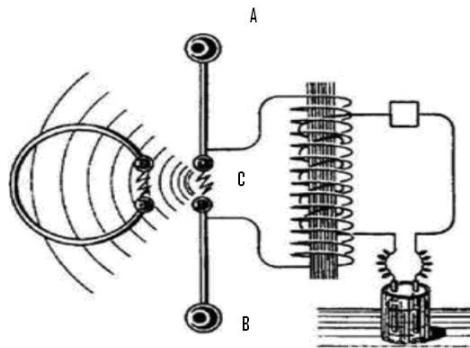


Рис.1 Вибратор Герца

Вибратор Герца состоит из двух металлических стержней с одинаковыми шарами «А» и «В» на концах. Между стержнями находится небольшой промежуток «С». Его называют искровым промежутком. Емкость вибратора определяется емкостью шаров «А» и «В», а индуктивность – стержнями. Источником возбуждения электромагнитных колебаний в вибраторе является индукционная катушка (ИК). Провода от вторичной обмотки ИК подключаются к стержням. Когда переменное напряжение во вторичной обмотке катушки достигает пробивного напряжения, в искровом промежутке проскакивает искра, в вибраторе возникают электромагнитные колебания высокой частоты, которые сопровождаются излучением электромагнитных волн в окружающее пространство.

Вибратор Герца является открытым колебательным контуром. Вибратор Герца – это прообраз современной излучающей антенны.

Для регистрации (приема) электромагнитных волн используется аналогичный вибратор – резонатор, в котором под действием электромагнитного поля излученной волны возникают вынужденные электромагнитные колебания. Если частоты в вибраторе-излучателе и в вибраторе-резонаторе совпадают, то наступает электрический резонанс. При резонансе в искровом промежутке вибратора-резонатора проскакивает искра. Электромагнитные волны, которые излучает вибратор-излучатель, регистриру-

Физика. Волновые свойства света

ются по проскакивающей искре. Герц провел серию опытов, в которых экспериментально подтвердил свое открытие: в природе существуют электромагнитные волны, которые теоретически предсказал Максвелл.

Герц обнаружил, что электромагнитные волны – это поперечные волны. Он экспериментально определил скорость электромагнитных волн. Она оказалась равной примерно 300000 км/с., как и предсказывал Максвелл.

Опыты Герца явились экспериментальным подтверждением гипотезы Максвелла о существовании в природе электромагнитных волн.

1.3 Природа электромагнитных волн

Электромагнитной волной называется переменное электромагнитное поле, которое распространяется в пространстве.

Электромагнитная волна характеризуется вектором напряженности электрического \vec{E} поля и вектором индукции магнитного \vec{B} поля, которые составляют единое электромагнитное поле.

Возможности существования электромагнитных волн связана с тем, что между переменными электрическими и магнитным полями существует связь. Переменное во времени магнитное поле создает вихревое электрическое поле. Существует и обратное явление – переменное во времени электрическое поле в вакууме или диэлектрике порождает вихревое магнитное поле.

Скорость света в вакууме

$$c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \cdot \mu_0}},$$

где ε_0 – электрическая постоянная; μ_0 – магнитная постоянная.

Скорость света в среде

$$V = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot \mu \cdot \mu_0}} = \frac{C}{\sqrt{\varepsilon \cdot \mu}},$$

где ε - диэлектрическая проницаемость среды;

μ - магнитная проницаемость среды;

C – скорость света в вакууме;

$\varepsilon = 1$; $\mu = 1$ в вакууме.

Физика. Волновые свойства света

Векторы \vec{E} и \vec{B} образуют с направлением распространения волны правовинтовую систему координат.

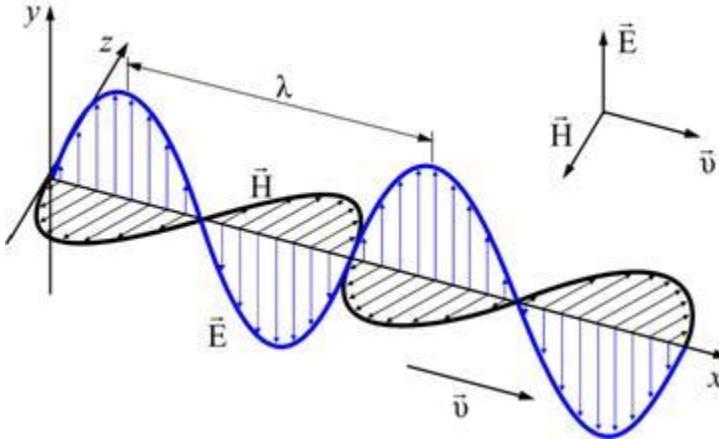


Рис 2. Распространение электромагнитной волны

В фиксированной точке пространства векторы \vec{E} и \vec{B} изменяются по гармоническому закону. Взаимно перпендикулярные векторы \vec{E} и \vec{B} в электромагнитной волне, распространяющейся в свободном пространстве, колеблются в одинаковой фазе – они одновременно обращаются в нуль и одновременно достигают максимального значения.

Излучением электромагнитных волн называется процесс испускания электромагнитных волн источником излучения.

Источник излучения называется излучающей системой.

Источник излучения электромагнитных волн испускает в пространство электромагнитную энергию.

Электромагнитные волны подразделяются на радиоволны и световые волны.

Радиоволны – это электромагнитные волны, частоты которых охватывают широкий диапазон от $3 \cdot 10^4$ Гц до $3 \cdot 10^{11}$ Гц.

Наименование радиоволн	Длина волн в вакууме, λ в м
сверхдлинные	>10000
длинные	$10000 - 1000$
средние	$1000 - 100$
короткие	$100 - 10$
ультракороткие:	<u>$10 - 0,001$</u>
метровые	$10 - 1$

дециметровые
сантиметровые
миллиметровые

1 - 0,1
0,1 - 0,01
0,01 - 0,001

1.4 Изобретение радио

Опыты Герца, опубликованные в научно-технической литературе в 1888 году, заинтересовали ученых-физиков всего мира.

В России одним из первых занялся изучением электромагнитных волн преподаватель высшего учебного заведения в Кронштадте Александр Степанович Попов.

7 мая 1895 года на заседании Русского физико-химического общества в Петербурге А.С.Попов впервые в мире продемонстрировал опыт по передаче и приему радиосигнала. День 7 мая 1895 стал днем рождения радио и с тех пор по настоящее время ежегодно отмечается в нашей стране.

Позднее итальянский инженер Маркони организовал фирму по усовершенствованию радиопередающих устройств и в 1902 году осуществил радиотелеграфную передачу через Атлантический океан.

Изобретение радио – это выдающееся изобретение, без которого невозможно представить жизнь современного общества.

1.5 Понятие о радиосвязи, телевидении, радиолокации

Радиосвязью называется передача информации с помощью радиоволн.

Радиовещание – это передача звука (речи, музыки), телевидение – это передача изображения.

Телевизионный сигнал несет большой объем информации и занимает полосу частот порядка 4-5 МГц, в радиовещательном приемнике звуковой сигнал занимает полосу около 10 кГц.

Радиолокацией называется обнаружение и определение местонахождения различных объектов с помощью радиоволн.

Радиолокатор (радар) представляет собой комбинацию ультракоротковолнового передатчика и радиоприемника, которые имеют общую приемно-передающую антенну, излучающую радиолуч (сигнал).

Радиолуч – это остронаправленное электромагнитное излучение.

Физика. Волновые свойства света

В основе радиолокации лежит свойство тел отражать радиосигналы.

В радиолокационной астрономии используются методы радиолокации для уточнения траектории движения планет Солнечной системы и их спутников, искусственных спутников, космических кораблей и т.д.

Радиоастрономией называется раздел физики и астрономии, в котором космические объекты изучаются по их собственному ультракоротковолновому радиоизлучению, которое достигает Земли.

Для приема и изучения радиоизлучения космических объектов применяются радиотелескопы.

1.6 Шкала электромагнитных волн

Шкала электромагнитных волн – это непрерывная последовательность частот и длин волн электромагнитных излучений. Границы по частотам (или по длинам волн в вакууме) между различными видами электромагнитного излучения условны – последовательные участки шкалы непрерывно переходят друг в друга.

Род излучения:

1. радиоволны
2. инфракрасное излучение
3. видимое излучение
4. ультрафиолетовое
5. рентгеновское излучение
6. гамма-излучения

1.7 Скорость света

Волновой оптикой называется раздел учения о свете, в котором световые волны рассматривают как электромагнитные волны, занимающие определенный интервал на шкале электромагнитных волн.

Скорость света в вакууме

$$c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \cdot \mu_0}} = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с,}$$

где ε_0 - электрическая постоянная; μ_0 - магнитная постоянная.

Впервые экспериментально скорость света была определена астрономическим методом.

Датский ученый Ремер (1644-1710) заметил, что спутник Юпитера Ио появляется из-за Юпитера на 22 минуты позже, когда Земля находится по другую сторону от Солнца по отношению к Юпитеру.

Ремер разделил диаметр орбиты, по которой Земля вращается вокруг Солнца, на время запаздывания и получил скорость света.

Более точные расчеты показывают, что скорость света примерно равна 300000 км/с.

Среди первых лабораторных методов определения скорости света известны метод Физо и метод Майкельсона.

Волновая природа света проявляется в законах отражения и преломления света в явлениях интерференции, дифракции, дисперсии и поляризации.

1.8 Ключевые слова и словосочетания

1. Поле электрическое, магнитное, электромагнитное, вихревое, переменное.
2. Волновой вибратор.
3. Распространяться в пространстве.
4. Распространение, скорость распространения.
5. Шар.
6. Искра, искра проскакивает. Искровой промежуток.
7. Возбуждать, возбуждение электромагнитных волн.
8. Антенна, излучающая антенна, приемная антенна.
9. Колебательный контур.
10. Радиосвязь, радиолокация, радиоастрономия.
11. Радиолокатор, радар, радиолуч, радиотелескоп.
12. Излучать, излучение, испускать, испускание.
13. Диапазон частот, диапазон длин волн.
14. Электромагнитные волны.

1.9. Контрольные вопросы и задания

1. Кто впервые высказал гипотезу о существовании в природе электромагнитных волн?
2. Какое открытие Фарадея было в основе гипотезы об электромагнитных волнах?
3. Какое открытие подтвердило гипотезу Максвелла о существовании электромагнитных волн?
4. Кто экспериментально обнаружил электромагнитные волны?
5. Что такое вибратор Герца?

Физика. Волновые свойства света

6. Может ли электромагнитная волна распространяться в вакууме?
7. Чему равна скорость света в вакууме? Формула для вычисления.
8. Как вычислить скорость света в среде?
9. Что такое длина волны? Единица измерения.
10. Что такое частота колебаний? Единица измерения.
11. Формула для определения длины волны, если известна скорость и частота?
12. Что такое радиоволны?
13. Классификация радиоволн по длине волны.
14. Классификация радиоволн по частоте.
15. Шкала электромагнитных волн.

ГЛАВА 2. ВОЛНОВАЯ ПРИРОДА СВЕТА

2.1 Оптический диапазон

Согласно современной теории, свет обладает двумя свойствами. Свет – это электромагнитные волны, он имеет все свойства волны. Одновременно свет – это поток материальных частиц (фотонов), он имеет квантовые свойства. Двойственная природа света получила название «квантово-волновой дуализм».

Рассмотрим явления, в которых свет обнаруживает свойства электромагнитных волн.

Род излучения в оптическом диапазоне:

инфракрасное излучение

видимое излучение: частота 400 – 800 ТГц
длина волн 760 – 380 нм

ультрафиолетовое

Диапазон видимого света занимает узкую полосу на шкале электромагнитных волн.

Солнечный свет имеет достаточно сложный спектральный состав. Спектральный состав видимой части солнечного света характеризуется наличием монохроматических излучений, длина волны которых находится в пределах 400-720 нм, по другим данным 380-780 нм.

Солнечный свет может быть разложен на монохроматические составляющие.

Монохроматические волны – это неограниченные в пространстве волны одной определенной и строго постоянной частоты (в оптическом диапазоне это волны одного цвета)

Монохроматические составляющие дневного света **не могут быть выделены однозначно**, а, ввиду непрерывности спектра, плавно переходят от одного цвета в другой.

Таблица. Спектр солнечного света

Цвет	Диапазон длин волн, нм	Диапазон частот, ТГц
<u>Фиолетовый</u>	380—440	680—790
<u>Синий</u>	440—485	620—680
<u>Голубой</u>	485—500	600—620

<u>Зелёный</u>	500—565	530—600
<u>Жёлтый</u>	565—590	510—530
<u>Оранжевый</u>	590—625	480—510
<u>Красный</u>	625—740	400—480

2.2 Дисперсия

Опыт Ньютона



Рис.3 Разложение белого света в спектр

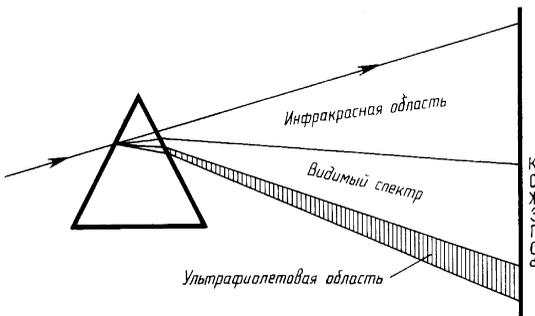


Рис.4 Схема разложения света в оптическом диапазоне

В результате дисперсии можно разложить белый свет на его составляющие, получить спектр. В спектре различают семь основных цветов: красный, оранжевый, жёлтый, зелёный, голубой, синий и фиолетовый.

Дисперсия – света – это зависимость абсолютного показателя преломления от частоты.

2.3 Интерференция

Явление интерференции свидетельствует о том, что свет — это волна.

Интерференцией световых волн называется сложение двух когерентных волн, вследствие которого наблюдается усиление или ослабление результирующих световых колебаний в различных точках пространства. Необходимым условием интерференции волн является их **когерентность**, т.е. согласованное протекание во времени и пространстве нескольких колебательных или волновых процессов. Этому условию удовлетворяют **монохроматические волны**.

Интерференция – одно из ярких проявлений волновой природы света. Это интересное и красивое явление наблюдается при наложении двух или нескольких световых пучков. Интенсивность света в области перекрывания пучков имеет характер чередующихся светлых и темных полос, причем в максимумах интенсивность больше, а в минимумах меньше суммы интенсивностей пучков.

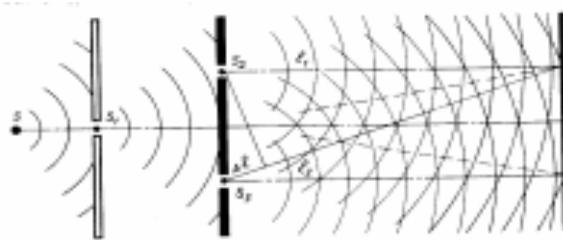


Рис.5 Сложение когерентных волн

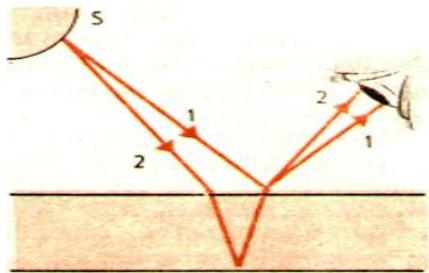


Рис. 6 Интерференция в тонких плёнках



Рис.7 Интерференция на лазерном диске

Светлые полосы – волны усиливали друг друга (соблюдалось условие максимума). Темные полосы – волны складывались в противофазе и гасили друг друга (условие минимума).

2.4 Дифракция

Характерным проявлением волновых свойств света является дифракция света — отклонение света от прямолинейного распространения на резких неоднородностях среды.

Дифракцией света называется явление отклонения **света** от прямолинейного направления распространения.

Как показывает опыт, **свет** при прохождении вблизи препятствий может огибать препятствие и заходить в область геометрической тени.

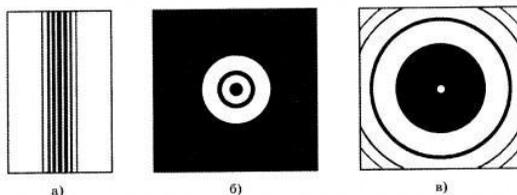


Рис.6 Дифракция от различных препятствий: а) от тонкой проволочки; б) от круглого отверстия; в) от круглого непрозрачного экрана.

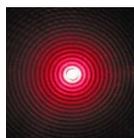


Рис. 7 Дифракция лазерного луча с длиной волны 650 нм, прошедшего через отверстие диаметром 0,2 мм

Явления дисперсии, интерференции, дифракции свидетельствуют о том, что свет — это волна.

2.5 Ключевые слова и словосочетания

Монохроматический, немонахроматический, когерентные волны, спектр, дисперсия, дифракция, интерференция, диапазон, препятствие, тень, проникновение в область тени, инфракрасное излучение, ультрафиолетовая область.

2.6 Контрольные вопросы и задания

1. Что называется дисперсией света?
2. Какую дисперсию света называют нормальной?
3. Как с помощью дисперсии определить состав белого света?
4. Почему в диспергирующей среде белый свет разлагается на составляющие его волны?
5. Световые волны какого цвета имеют меньшую скорость в стекле – красные или фиолетовые?
6. Зависит ли скорость света в вакууме от частоты колебаний?
7. Как изменяются показатели преломления цветных пучков, начиная с красного и заканчивая фиолетовым?
8. Почему при точном определении показателя преломления вещества пользуются не белым светом, а монохроматическим?
9. Можно ли из цветных пучков получить белый свет?
10. Что такое спектр?

ЛИТЕРАТУРА

1. Корочкина Л.Н., Кауров А.С., Шутенко Л.Д., Стасюк Б.П., Физика: Учеб. пособие для студ.-иностранцев подготов. фак. вузов. М.: Высшая школа, 1983, 392 с.
2. Вердеревская Н.Н., Егорова С.П. Сборник задач и вопросов по физике: Учеб. пособие, 2-е изд., доп. и перераб. М.:Высшая школа, 1980, 216 с.