

49. Свойства электромагнитных волн.

Электромагнитные волны (излучение) – распространяющееся в пространстве возмущение (изменение состояния) электромагнитного поля. Электромагнитное излучение способно распространяться практически во всех средах. В вакууме (пространстве, свободном от вещества и тел, поглощающих или испускающих **электромагнитные волны**) электромагнитное излучение распространяется без затуханий на сколь угодно большие расстояния, но в ряде случаев достаточно хорошо распространяется и в пространстве, заполненном веществом (несколько изменяя при этом своё поведение).

Вкратце:

Свойства электромагнитных волн:

1. Электромагнитные волны могут поглощаться поверхностью.
2. Электромагнитные волны могут отражаться (отражение от поверхности).
3. Обладают способностью преломляться (менять направление).
4. Электромагнитные волны — поперечные.

Основные параметры электромагнитных волн:

1. Длина волны — это кратчайшее расстояние между двумя точками, которые колеблются в одной фазе.
2. Период колебаний — это время, за которое происходит одно полное колебание.
3. Частота — число колебаний за 1 секунду.
4. Скорость волны — это скорость, с которой распространяется волна.

Подробнее:

Электромагнитное излучение принято делить по частотным диапазонам (см. таблицу). Между диапазонами нет резких переходов, они иногда перекрываются, а границы между ними условны. Поскольку скорость распространения излучения (в вакууме) постоянна, то частота его колебаний жёстко связана с длиной волны в вакууме.

Название		Длина волны λ	Частота f	Источники
Радиоволны	Сверхдлинные	более 10 км	менее 30 кГц	Атмосферные и магнитосферные явления, радиосвязь.
	Длинные	10 – 1 км	30 кГц – 300 кГц	
	Средние	1 км – 100 м	300 кГц – 3 МГц	
	Короткие	100 м – 10 м	3 МГц – 30 МГц	
	Ультракороткие	10 м – 0,1 мм	30 МГц – 300 ГГц	
Инфракрасное излучение		1 мм – 700 нм	300 ГГц – 429 ТГц	Излучение молекул и атомов при тепловых и электрических воздействиях.
Видимое излучение		700 нм – 380 нм	429 ТГц – 750 ТГц	
Ультрафиолетовое излучение		380 нм – 10 нм	$7,5 \cdot 10^{14}$ Гц – $3 \cdot 10^{16}$ Гц	Излучение атомов под воздействием ускоренных электронов.
Рентгеновское излучение		10 нм – 5 пм	$3 \cdot 10^{16}$ Гц – $6 \cdot 10^{19}$ Гц	Атомные процессы при воздействии ускоренных заряженных частиц.
Гамма-излучение		менее 5 пм	более $6 \cdot 10^{19}$ Гц	Космические и ядерные процессы, радиоактивный распад.

Волновая оптика (раздел физической оптики) основана на классических электромагнитных уравнениях – уравнениях Максвелла, интересующие её явления принадлежат так называемому **оптическому диапазону** длин волн. Он включает в себя **инфракрасное излучение, видимый свет и ультрафиолетовое излучение.**

Оптический диапазон и видимый свет

Видимый свет	
Цвет	Диапазон длин волн, нм
фиолетовый	380—440
синий	440—485
голубой	485—500
зелёный	500—565
жёлтый	565—590
оранжевый	590—625
красный	625—780

1 мкм = 10^{-6} м
1 нм = 10^{-9} м

Видимый свет: $\lambda = 380 - 780$ нм

Ультрафиолетовое излучение	
Ближний	400—300 нм
Средний	300—200 нм
Дальний	200—122 нм
Экстремальный	121—10 нм

Инфракрасное излучение	
коротковолновая область	0,74—2,5 мкм
средневолновая область	2,5—50 мкм
длинноволновая область	50—2000 мкм

Оптический диапазон: $\lambda = 100$ нм – 10 мкм

$f = 3 \cdot 10^{14}$ Гц – $3 \cdot 10^{16}$ Гц

Электромагнитные волны переносят энергию. Такой перенос осуществляется в направлении волнового вектора \vec{k} перпендикулярно волновым поверхностям.

Энергия **электромагнитной волны** делится поровну между её электрической и магнитной составляющей. Тогда плотность энергии всего электромагнитного поля, являющаяся суммой плотностей электрического и магнитного полей, будет равна:

$$w_{э/м} = w_{эл} + w_{маг} = 2w_{эл} = \varepsilon_0 \cdot E^2.$$

Плотность потока энергии – физическая величина, численно равная потоку энергии через малую площадку единичной площади, перпендикулярную направлению потока.

Энергия электромагнитной волны внутри объёма V может быть выражена двумя способами: или через **объёмную плотность** энергии $W_{э/м} = w_{э/м} \cdot V = w_{э/м} \cdot S \cdot c \cdot \Delta t$, или через **плотность потока** $W_{э/м} = \Pi \cdot S \cdot \Delta t$.

$$\operatorname{div} \vec{\Pi} = -\frac{\partial w_{э/м}}{\partial t}, \quad \oint_S \vec{\Pi} \cdot d\vec{S} = -\frac{dW_{э/м}}{dt}$$

– уравнение непрерывности: изменение энергии внутри некоторого объёма происходит за счет притока электромагнитной энергии через поверхность S , ограничивающей его.

Среднее значение проекции плотности потока энергии на направление распространения волны называют **интенсивностью волны I**.

Интенсивность волны – модуль среднего по времени значения плотности потока энергии равен:

$$I = \frac{\varepsilon_0 c \cdot E_0^2}{2}.$$