

## Лекция 5.

### Волновой процесс и его элементы.

#### 1. Элементы волнового колебания.

*Волнами* называется процесс распространения колебаний представляющий собой периодическое изменение рассматриваемой величины. Например, положения точки или координаты напряженности электрического и магнитного полей. Волны возникают в том случае, когда какая-либо точка среды начинает совершать колебательное движение возмущение последовательно передается другим точкам среды все более удаленным от первоначальной, то есть в этих точках также возникают колебания. Так, при механических колебаниях, то есть при колебательном движении частиц твердой, жидкой или газообразной сред, распространение колебаний означает передачу колебаний от одних частиц среды к другим. Передача колебаний обусловлена тем, что смежные участки среды связаны между собой силами упругости, напряжения, тяжести. К механическим волновым явлениям относят звуковые колебания, обусловленные упругостью воздуха, круги разбегающиеся на поверхности воды от брошенного предмета, океанские волны, взрывные волны, сейсмические волны – колебания в земной коре.

Электромагнитные волны имеют другую природу, они представляют собой передачу в пространстве изменений электромагнитного поля. Связь между соседними участками электромагнитного поля обусловлена тем, что изменение магнитного поля в каком-нибудь месте влечет за собой изменение электрического поля и наоборот. Благодаря такой связи всякое периодическое изменение электрического или магнитного поля служит причиной для возникновения электромагнитных волн. Наличие какой-либо среды, твердой или жидкой, может влиять на распространение электромагнитных волн, но не является обязательным. Электромагнитные волны распространяются всюду где может существовать электромагнитное поле, даже и в вакууме. Для механических, электромагнитных и других волновых явлений характерна общая закономерность: всякая волна распространяется из одной точки в другую не мгновенно, а с определенной скоростью. Распространение электромагнитных волн наглядно можно представить графически на примерах распространения гармонического колебательного движения. В любой волне в каждой точке происходит колебательное движение относительно некоторого исходного положения равновесия. Простейшим колебательным движением является гармоническое колебание, представленное ниже на рис. 5.1.

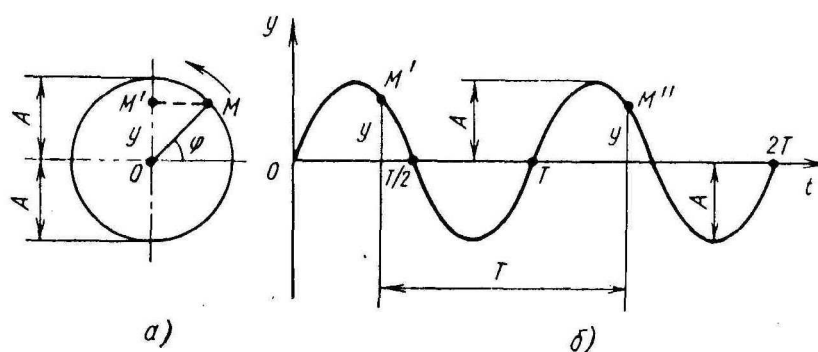


Рис. 5.1.

При равномерном движении точки  $M$  по окружности проекция этой точки на диаметр – точка  $M'$  будет совершать возвратно поступательное (колебательное) движение относительно точки  $O$ . при полном обороте точки  $M$  на угол  $\varphi=2\pi$  точка  $M'$  совершит

полное колебание и вернется к своему положению. Для точки, совершающей гармоническое колебание, отклонение  $y$  от положения равновесия определяется в каждый данный момент времени  $t$  выражением:

$$y = A \sin 2\pi \frac{t}{T} \quad (5.1)$$

С течением времени  $y$  будет изменяться по синусоидальному закону. Наибольшее отклонение колеблющейся точки от положения равновесия определяют размах колебаний и называют амплитудой колебаний  $A$ . Угол  $\pi$ , определяющий положение колеблющейся точки  $M'$  в данный момент времени  $t$  называется *фазовым углом* или *фазой колебаний*. Расстояние между двумя точками  $M'$  и  $M''$  находящимися в одной фазе колебаний называется *длиной волны*  $\lambda$ , а время за которое волна проходит это расстояние – *периодом колебаний*  $T$ . Иными словами период колебания это то время, в течении которого происходит одно полное колебание. Число колебаний в секунду называется *частотой колебаний*  $\nu$ . Период  $T$  и частота колебаний  $\nu$  обратно пропорциональны.

Скорость распространения световой волны представляет собой расстояние которое проходит волна в единицу времени. Связь между основными характеристиками волнового движения: скоростью распространения волны  $V$ , длиной волны  $\lambda$  и периодом колебаний  $T$  выражается соотношением:

$$V = \frac{\lambda}{T} = \lambda \nu \quad (5.2)$$

В общем случае при гармоническом колебательном движении необходимо учитывать начальную фазу колебаний  $\varphi_0$ , которая определяет состояние колебания в начальный момент времени  $t=0$ . введение постоянной  $\varphi_0$  означает сдвиг графика на некоторую величину. С учетом  $\varphi_0$  можно записать:

$$y = A \sin\left(2\pi \frac{t}{T} \pm \varphi_0\right) = A \sin(2\pi \cdot \nu \cdot t \pm \varphi_0) \quad (5.3)$$

Формула (5.3) является основным уравнением гармонического колебательного движения – классической моделью волновой оптики.

## 2. Передача волнового движения.

Возмущение световой волны, которое возникло в какой-либо точке пространства, снова повторяется в другой точке, то есть волновой процесс передается от точки к точке пространства. Положим, что гармоническое колебательное движение, как показано ниже на рис. 5.2, распространяется от некоторого источника  $S$  со скоростью  $V$  – это скорость с которой фаза колебаний передается от точки к точке, она называется *фазовой скоростью*.

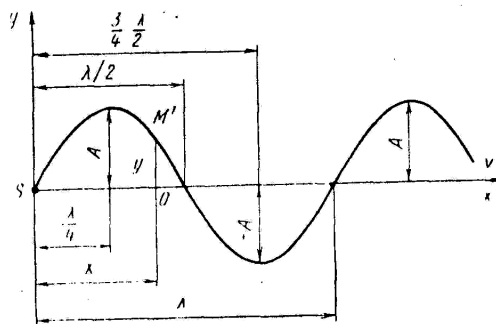


Рис.5.2.

На расстоянии  $x$  от места первого возбуждения (то есть от источника) фаза колебаний запаздывает относительно фазы источника на время:

$$\Delta t = \frac{x}{V}.$$

Состояние колебания пришедшего со скоростью  $V$  в точку удаленную на расстоянии  $x$  от начала колебаний описывается уравнением б

$$y = A \sin \frac{2\pi}{T} \left( t - \frac{x}{V} \right) \quad (5.4)$$

где  $t$  – время соответствующее фазе колебания источника  $S$ ;  $\Delta t$  – время необходимое для передачи фазы колебаний в точку расположенную от источника  $S$  на расстоянии  $x$ ;

$\pi = \frac{2\pi}{T} \left( t - \frac{x}{V} \right)$  – фаза колебания.

Так как длина волны  $\lambda$  – расстояние пройденное колебанием со скоростью  $V$  за время равное периоду  $T$ , то есть:

$$\lambda = V \cdot T, \quad (5.5)$$

то подставив (5.5) в (5.4) получим:

$$y = A \sin 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \quad (5.6)$$

Полученное выражение (5.6), определяющее значение колеблющейся величины в любой точке волны в данный момент времени называется уравнением волнового процесса или *уравнением волны*. Из выражения (5.6) следует, что положение любой точки в гармоническом колебательном движении можно определить зная длину волны излучения  $\lambda$  и расстояние  $x$  до этой точки от источника излучения. Геометрическое место точек имеющих в данный момент времени одинаковую фазу колебаний называется *волновой поверхностью*. При распространении волн происходит передача энергии. Энергия гармонических колебаний пропорциональна квадрату его амплитуды.