Школа №1124 г. Москва

**РЕФЕРАТ:**

## ПО ФИЗИКЕ

НА ТЕМУ:

**«Колебания и волны»**

Выполнил:

Ученик 9 «б» школы №1124

#### Захаров Дмитрий

# 

Москва, 1999

# Колебания.

### Периодическое движение.

Среди всевозможных совершающихся вокруг нас механических движений часто встречаются повторяющиеся движения. Любое равномерное вращение является повторяющимся движением: при каждом обороте всякая точка равномерно вращающегося тела проходит те же положения, что и при предыдущем обороте, причем в такой же последовательности и с такой же скоростью.

В действительности не всегда и не при всяких условиях повторение совершенно одинаково. В одних случаях каждый новый цикл очень точно повторяет предыдущий, в других случаях различие между следующими друг за другом циклами может быть заметным. Отклонения от совершенно точного повторения очень часто настолько малы , что ими можно пренебречь и считать движение повторяющимся вполне точно, т.е. считать его периодическим.

Периодическим называется повторяющееся движение, у которого каждый цикл в точности воспроизводит любой другой цикл.

Продолжительность одного цикла называется периодом. Очевидно, период равномерного вращения равен продолжительности одного оборота.

### Свободные колебания.

В природе, и особенно в технике, чрезвычайно большую роль играют колебательные системы, т.е. те тела и устройства, которые сами по себе способны совершать периодические движения. «Сами по себе» - это значит не будучи принуждаемы к этому действием периодических внешних сил. Такие колебания называются поэтому свободными колебаниями в отличие от вынужденных, протекающих под действием периодически меняющихся внешних сил.

Всем колебательным системам присущ ряд общих свойств:

1. У каждой колебательной системы есть состояние устойчивого равновесия.
2. Если колебательную систему вывести из состояния устойчивого равновесия, то появляется сила, возвращающая систему в устойчивое положение.
3. Возвратившись в устойчивое состояние, колеблющееся тело не может сразу остановиться.

### Маятник; кинематика его колебаний.

Маятником является всякое тело, подвешенное так, что его центр тяжести находится ниже точки подвеса. Молоток, висящий на гвозде, весы, груз на веревке – все это колебательные системы, подобные маятнику стенных часов.

У всякой системы, способной совершать свободные колебания, имеется устойчивое положение равновесия. У маятника это положение, при котором центр тяжести находится на вертикали под точкой подвеса. Если мы выведем маятник из этого положения или толкнем его, то он начнет колебаться, отклоняясь то в одну сторону, то в другую сторону от положения равновесия. Наибольшее отклонение от положения равновесия, до которого доходит маятник, называется амплитудой колебаний. Амплитуда определяется тем первоначальным отклонением или толчком, которым маятник был приведен в движение. Это свойство – зависимость амплитуды от условий в начале движения – характерно не только для свободных колебаний маятника , но и вообще для свободных колебаний очень многих колебательных систем.

Прикрепим к маятнику волосок и будем двигать под этим волоском закопченную стеклянную пластинку. Если двигать пластинку с постоянной скоростью в направлении, перпендикулярном к плоскости колебаний, то волосок прочертит на пластинки волнистую линию. Мы имеем в этом опыте простейший осциллограф – так называются приборы для записи колебаний. Таким образом волнистая линия представляет собой осциллограмму колебаний маятника.

C D

B

A

Амплитуда колебаний изображается на этой осциллограмме отрезком AB, период изображается отрезком CD, равным расстоянию, на которое передвигается пластинка за период маятника.

Так как мы двигаем закопченную пластинку равномерно, то всякое ее перемещение пропорционально времени, в течении которого оно совершалось. Мы можем сказать поэтому, что вдоль оси *x* в определенном масштабе отложено время. С другой стороны, в направлении, перпендикулярном к *x* волосок отмечает на пластинке расстояние конца маятника от его положения равновесия, т.е. путь пройденный концом маятника от этого положения.

Как мы знаем, наклон линии на таком графике изображает скорость движения. Через положение равновесия маятник проходит с наибольшей скоростью. Соответственно этому и наклон волнистой линии наибольший в тех точках, где она пересекает ось *x.* Наоборот, в моменты наибольших отклонений скорость маятника равна нулю. Соответственно этому и волнистая линия в тех точках, где она наиболее удалена от оси *x,* имеет касательную параллельную *x*, т.е. наклон равен нулю

### Гармоническое колебание. Частота.

Колебание, какое совершает при равномерном движении точки по окружности проекция этой точки на какую-либо прямую, называется гармоническим (или простым) колебанием.

Гармоническое колебание является специальным, частным видом периодического колебания. Этот специальный вид колебания очень важен, так как он чрезвычайно часто встречается в самых различных колебательных системах. Колебание груза на пружине, камертона, маятника, зажатой металлической пластинки как раз и является по своей форме гармоническим. Следует заметить, что при больших амплитудах колебания указанных систем имеет несколько более сложную форму, но они тем ближе к гармоническому, чем меньше амплитуда колебаний.



A’ 0 B’

B

A



Если на горизонтальной оси откладывать центральный угол, а на вертикальной - перпендикуляр ВВ’, опущенный из конца вращающегося радиуса ОВ на неподвижный диаметр АА’( угол … отсчитывается от неподвижного радиуса ОА), то получится кривая ,называемая синусоидой. Для каждой абсциссы *a* ордината этой кривой BB’ пропорциональна синусу угла *a*, так как

Число циклов гармонического колебания, совершаемых за 1с, называется частотой этого колебания. Единицу частоты называют герцем.

Вообще обозначая продолжительность периода за, выраженную в секундах, через *T*, а частоту, выраженную в герцах, через *v*, будем иметь

### Динамика гармонических колебаний.

Рассмотрим динамику свободных колебаний в идеальных колебательных системах без трения.

Отведем шар пружинного маятника от положения равновесия. В этом случае на шар действует возвращающая сила, направленная в сторону положения равновесия.

### 

Ее проекция имеет знак, противоположный знаку смещения *x*

Аналогично обстоит дело в случае математического маятника. Отведем маятник от положения равновесия. В этом случае равнодействующая силы тяжести и силы упругости нити направлена в сторону положения равновесия. Эту силу можно выразить так:

Но если рассматривать колебания с маленькими углами отклонения, то

так как . Величина  постоянна. Обозначим ее через *k.* Тогда

Направлена сила в сторону противоположную смещению.

### Превращения энергии при свободных колебаниях.

*a*

Wp

Hmax

Wk

Отведем маятник на небольшой угол *a* от положения равновесия. Этим мы сообщим маятнику потенциальную энергию:

Где Hmax – максимальная высота подъема маятника.

Отпустим маятник. Под действием силы тяжести и силы реакции маятника будет двигаться к положению равновесия. При этом его потенциальная энергия превращается в кинетическую. В положении равновесия вся сообщенная маятнику потенциальная энергия превратится в кинетическую:

Где- максимальное значение скорости движения тела, подвешенного к нити.

При отсутствие сил трения по закону сохранения энергии максимальное значение потенциальной энергии равно максимальному значению кинетической энергии:

Итак, при колебаниях маятника происходит периодическое превращении потенциальной энергии в кинетическую и обратно:

В произвольный момент полная механическая энергия колеблющегося тела по закону превращения и сохранения энергии равна сумме его потенциальной и кинетической энергии:

### Период.

Период колебаний маятника, близкого по своим свойствам к математическому маятнику, не зависит от массы маятника.

Заставим маятник описывать коническую поверхность. В этом случае шарик маятника двигается по окружности. Определив период обращения маятника, обнаружим, что он равен периоду колебаний этого маятника:

Период обращения конического маятника же равен длине описываемой окружности, деленной на линейную скорость:

На шарик действует центростремительная сила, так как он двигается по окружности.

Итак период математического маятника зависит только от длины маятник l и от ускорения свободного падения *g*.

C

l





E

R B

O

D 

### Сдвиг фаз.

Возьмем два одинаковых маятника и отклоним их в одну и ту же сторону на один и тот же угол от вертикали. Если теперь их отпустить, то мы два гармонических колебания с одинаковыми амплитудами и частотами. Казалось бы, никакого различия между ними быть не может.

Однако стоит нам отпустить маятники не одновременно, и мы сразу увидим разницу: колебания будут сдвинуты по времени.

Про колебания одинаковой частоты, но смещенные по времени, говорят, что они сдвинуты по фазе. Смещение по времени выражается в долях периода, а сдвиг или разность фаз – в угловых единицах.

Если второе колебание запаздывает по сравнению с первым на 1/8 периода, то это значит, что оно отстает по фазе на 360\*1/8=45, или сдвинуто по фазе на –45. Если второе колебание опережает первое на 1/8 периода, то говорят, что оно опережает его по фазе на 45, или сдвинуто по фазе +45.

Если колебания происходят без запаздывания, то их называют синфазными, или говорят, что они совершаются в фазе. При запаздывание одного на полпериода говорят, что колебания происходят в противофазе.

### Вынужденные колебания.

Мы уже упоминали о таких случаях, когда периодическое движение тела происходит не свободно, а в результате действия периодически меняющейся силы.

Подобные повторяющиеся силы вызывают периодическое движение даже таких тел, которые сами не являются колебательными системами.

Но как будет обстоять дело в том случае, если периодическая система действует на колебательную систему.

1. В колебательной системе, на которую действует периодически меняющиеся сила, устанавливается периодическое движение.
2. Период вынужденных колебаний равен периоду действующей силы.

# Волны.

Если речь идет о механических колебаниях, т.е. о колебательных движениях какой-либо твердой, жидкой или газообразной среды, то распространение колебаний *означает передачу колебаний от одних частиц среды к другим*. Передача колебаний обусловлена тем, что смежные участки среды связанны между собой. Эта связь может осуществляться различно. Она может быть обусловлена, в частности, силами упругости, возникающими вследствие деформации среды при ее колебаниях. В результате колебание, вызванное каким-либо образом в одном месте, влечет за собой последовательное возникновение колебаний в других местах, все более и более удаленных от первичного, и возникает так называемая *волна.*

### Поперечные волны в шнуре

Подвесим за один конец длинный шнур или резиновую трубку. Если нижний конец шнура быстро отвести в сторону и вернуть обратно, то изгиб «побежит» по шнуру вверх, дойдя до точки подвеса, отразится и вернется вниз. Если двигать нижний конец непрерывно, заставляя его совершать гармоническое колебание, то по шнуру «побежит» синусоидальная волна.

Надо заметить, что распространение волны означает запаздывающую передачу колебательных движений от одной точки среды к другой и никакого переноса вместе с волной самого вещества тела, в котором волна распространяется, не происходит.

*Каждая точка шнура колеблется перпендикулярно к направлению распространения волны*, т.е. поперек направления распространения. Поэтому и волна такого вида называется поперечной.

Смещение нижнего конца шнура в сторону вызывает деформацию шнура в этом месте. Появляются силы упругости, стремящиеся уничтожить деформацию, т.е. появляются силы натяжения, которые тянут вслед за участком шнура, смещенный рукой, непосредственно прилегающий к нему участок. Смещение этого второго участка вызывает деформацию и натяжение следующего, и т.д. Участки шнура обладают массой, и поэтому вследствие инерции набирают или теряют скорость под действием сил не мгновенно. Когда мы довели конец шнура до наибольшего отклонения вправо и начали вести его в влево, смежный участок еще будет продолжать двигаться вправо и лишь с некоторым запозданием остановится и тоже пойдет влево. Таким образом, запаздывающий переход колебания от одной точки шнура к другой обусловлен наличием у материала шнура упругости и массы.

Свойства поперечных волн зависят от многих обстоятельств: от вида связи между смежными участками среды, от размеров среды, от формы тела и т.п.

Когда мы говорим, что волна «бежит вдоль по шнуру», то это лишь краткое описание следующего явления: каждая точка шнура совершает такое же колебание, какое мы заставили совершать один из концов шнура, но *колебание каждой точки тем больше запаздывает* (отстает по фазе)*, чем эта точка дальше от конца шнура*. Это запаздывание зависит также от длины волны – расстояния между двумя соседними горбами синусоиды и равна скорости распространения волны на период

Примером поперечных волн в шнуре является струна рояля.

Поперечная волна

### Продольные волны в столбе воздуха

Возьмем тело удлиненной формы, а именно столб воздуха, заключенный в трубе. Вдоль трубу может двигаться поршень. Заставим этот поршень совершать гармоническое колебание.

Каждый участок тела (слой воздуха) обладает массой, а всякое сжатие воздуха создает избыток давления. Следовательно, в столбе воздуха образуется упругая волна, которая будет бежать от поршня. Однако теперь *частицы воздуха колеблется* в том же направлении что и поршень, т.е. *вдоль направления распространения волны*. Такие волны называются продольными.

Для продольных волн остается в силе определение длинны волны .

Если там можно сказать, что длинна волны равна расстоянию между двумя соседними горбами синусоиды, то здесь она равна расстоянию между серединами двух соседних уплотнений (или разряжений). Скорость распространения продольной находится по той же формуле, что и для поперечной волны. Это, конечно, не значит, что скорость распространения в среде обоих видов волн в теле одинакова. Наоборот, во всякой среде скорость продольных волн больше, чем поперечных волн и, следовательно, при одном и том же периоде длина продольной волны больше чем поперечной.

Говоря «во всякой среде», надо сделать оговорку: во всякой твердой среде. Дело в том, что упругие поперечные волны могут распространяться только в твердых телах, в то время как продольные волны могут распространяться и в жидкостях, и в газах. Таким образом, сравнивать скорость распространения обоих видов волн можно только в твердых телах.

Чем это объясняется?

В поперечной волне происходит сдвиг слоев друг относительно друга. Но упругие силы при сдвиге возникают только в твердых телах. В жидкостях и газах слои свободно скользят друг по другу, без появления противодействующих упругих сил, а раз нет упругих сил, то и образование упругих волн невозможно.

Благодаря этому свойству было определенно, что центр Земли жидкий т.к. он не проводит поперечных волн.

Известным примером продольных волн являются звуковые волны.

Продольная волна

### Звуковые колебания

*Звук обуславливается механическими колебаниями в упругих средах и телах, частоты которых лежат в диапазоне от 16 Гц до 20 кГц* и которые способно воспринимать человеческое ухо.

Соответственно этому механическому колебанию с указанными частотами называются звуковыми и акустическими. *Неслышимые механические колебания с частотами ниже звукового диапазона называются инфразвуковыми, а с частотами выше звукового диапазона называются ультразвуковыми*.

Если звучащее тело, например электрический звонок, поставить под колокол воздушного насоса, то по мере откачивания воздуха звук будет делаться все слабее и слабее и, наконец, совсем прекратится. Передача колебаний от звучащего тела осуществляется через воздух. Отметим, что при своих колебаниях звучащее тело при своих колебаниях попеременно то сжимает воздух, прилегающий к поверхности тела, то, наоборот, создает разрежение в этом слое. Таким образом, распространение звука в воздухе начинается с колебаний плотности воздуха у поверхности колеблющегося тела.

### Музыкальный тон. Громкость и высота тона

*Звук, который мы слышим тогда, когда источник его совершает гармоническое колебание, называется музыкальным тоном* или, коротко, тоном.

Во всяком музыкальном тоне мы можем различить на слух два качества: громкость и высоту.

Простейшие наблюдения убеждают нас в том, что тона какой-либо данной высоты определяется

амплитудой колебаний. Звук камертона после удара по нему постепенно затихает. Это происходит вместе с затуханием колебаний, т.е. со спадением их амплитуды. Ударив камертон сильнее, т.е. сообщив колебаниям большую амплитуду, мы услышим более громкий звук, чем при слабом ударе. То же можно наблюдать и со струной и вообще со всяким источником звука.

Если мы возьмем несколько камертонов разного размера, то не представит труда расположить их на слух в порядке возрастания высоты звука. Тем самым они окажутся расположенными и по

размеру: самый большой камертон дает наиболее низкий звук, самый маленький – наиболее высокий звук. Таким образом, высота тона определяется частотой колебаний. Чем выше частота и, следовательно, чем короче период колебаний, тем более высокий звук мы слышим.

### Акустический резонанс

*Резонансом называется резкое увеличение амплитуды вынужденных колебаний при приближении частоты вынуждающих колебаний к частоте свободных колебаний*.

Резонансные явления можно наблюдать на механических колебаниях любой частоты, в частности и на звуковых колебаниях. Пример звукового или акустического резонанса мы имеем в следующие опыте.

Поставим рядом два одинаковых камертона, обратив отверстия ящиков, на которых они укреплены, друг к другу. Ящики нужны потому, что они усиливают звук камертонов. Это происходит вследствие резонанса между камертоном и столбов воздуха, заключенного в ящике; поэтому ящики называются резонаторами или резонансными ящиками.

Ударим один из камертонов и затем приглушим его пальцами. Мы услышим, как звучит второй камертон.

Возьмем два разных камертона, т.е. с различной высотой тона, и повторим опыт. Теперь каждый из камертонов уже не будет откликаться на звук другого камертона.

Нетрудно объяснить этот результат. Колебания одного камертона действует через воздух с некоторой силой на второй камертон, заставляя его совершать его вынужденные колебания. Так как камертона 1 совершает гармоническое колебания, то и сила, действующая на камертон 2, будет меняться по закону гармонического колебания с частотой камертона 1. Если частота силы иная то вынужденные колебания будут настолько слабы, что мы их не услышим.

### Шумы

Музыкальный звук (ноту) мы слышим тогда, когда колебание периодическое. Например, такого рода звук издает струна рояля. Если одновременно ударить несколько клавиш, т.е. заставить звучать несколько нот, то ощущение музыкального звука сохранится, но отчетливо выступит различие консонирующих (приятных на слух) и диссонирующих (неприятных) нот. Оказывается, что консонируют те ноты, периоды которых находятся отношениях небольших чисел. Например, консонанс получается при отношении периодов 2:3(квинта), при 3:4(кванта), 4:5(большая терция) и т.д. Если же периоды относятся как большие числа, например 19:23, то получается диссонанс – музыкальный, но неприятный звук. Еще дальше мы уйдем от периодичности колебаний, если одновременно ударим по многим клавишам. Звук получится уже шумоподобным.

Для шумов характерна сильная непериодичность формы колебаний: либо это – длительное колебание, но очень сложное по форме (шипение, скрип), либо отдельные выбросы (щелчки, стуки). С этой точки зрения шумам следует отнести и звуки, выражаемые согласными (шипящими, губными и т.д.).

Во всех случаях шумовые колебания состоят из огромного количества гармонических колебаний с разными частотами.

Таким образом, у гармонического колебания спектр состоит из одной-единственной частоты. У периодического колебания спектр состоит из набора частот – основной и кратных ей. У консонирующих созвучий мы имеем спектр, состоящий из нескольких таких наборов частот, причем основные относятся как небольшие целые числа. У диссонирующих созвучий основные частоты уже не находятся в таких простых отношениях. Чем больше в спектре разных частот, тем ближе мы подходим к шуму. Типичные шумы имеют спектры, в которых присутствуют чрезвычайно много частот.

### Волны на поверхности жидкости

Описанные прежде волны обусловленные силами упругости, но существуют так же волны, образование которых обусловлено силой тяжести. Волны, распространяющиеся по поверхности жидкости, не являются ни продольными, ни поперечными: движение частиц жидкости здесь более сложное.

Если в какой-либо точки поверхности жидкости опустилась (например, в результате

прикосновения твердым предмет), то под действием силы тяжести жидкость начнет сбегать

вниз, заполняя центральную ямку и образуя вокруг нее кольцевое углубление. На внешнем крае этого углубления все время продолжается сбегание частиц жидкости вниз, и диаметр кольца растет. Но на внутреннем края кольца частицы всегда «выныривают» наверх, так что образуется кольцевой гребень. Позади него опять получается впадина, и т.д. При опускании вниз частицы жидкости движутся, кроме того, назад, а при подъеме наверх они движутся вперед. Таким образом, каждая частица не просто колеблется в поперечном (вертикальном) или продольном (горизонтальном) направлении, а, как оказывается, описывает окружность.

Следует заметить, что в образования поверхностных волн играет роль не только сила тяжести, но и сила поверхностного натяжения, которая, как и сила тяжести, стремится выровнять поверхность жидкости. При прохождении волны в каждой точки поверхности жидкости происходит деформация этой поверхности и, следовательно, энергия поверхностного натяжения. Нетрудно понять, что роль поверхностного натяжения будет при данной амплитуде тем больше, чем больше искривлена поверхность, т.е. чем короче длина волны. Поэтому для длинных волн (низких частот) основной является сила тяжести, но для достаточно коротких волн (низких частот) на первый план выступает сила поверхностного натяжения. Граница между «длинными» и «короткими» волнами, конечно, не является резкой и зависит от плотности жидкости и соответственного ей поверхностного натяжения. У воды эта граница соответствует волнам, длина которых около 1 см, т.е. для более коротких волн (называемых капиллярными волнами) преобладают силы поверхностного натяжения, а для более длинных - сила тяжести.

Несмотря на сложный «продольно-поперечный» характер поверхностных волн, они подчиняются закономерностям, общим для всякого волнового процесса.

Кольцевые

волны

Ударяя концом проволоки по поверхности воды, мы заставим бежать по воде систему кольцевых гребней и впадин, Расстояние между соседними гребнями и впадинами , т.е. длина

волны, связано с периодом ударов Т уже известной формулой .

Если ударять ребром линейки, параллельным поверхности воды, то можно создать волну, имеющую форму не концентрических колец, а параллельных друг другу прямолинейных

Прямолинейная

волна

гребней и впадин. В этом случае перед частью линейки мы имеем одно-единственное направление распространения.

Кольцевые и прямолинейные волны на поверхности дают представление о сферических и плоских волнах в пространстве. Небольшой источник звука, излучающий равномерно во все стороны, создает вокруг себя сферическую волну, в которой сжатия и разрежения воздуха расположены в виде концентрических шаровых слоев.

# Скорость распространения волн

В том, что распространение волн происходит не мгновенно, нас убеждают простейшие наблюдения. Постепенно и равномерно расширяются круги на воде и бегут морские волны.

Здесь мы непосредственно видим, что распространение колебаний из одного места в другое занимает определенное время. Но и для звуковых волн, которые в обычных условиях не видимы, легко обнаруживается тоже самое. Если в дали происходит выстрел, гроза, взрыв, свисток паровоза и т.д., то мы сначала видим эти явления и лишь спустя известное время слышим звук. Чем дальше от нас источник звука, тем больше запоздание. Промежуток времени между вспышкой молнии и ударом грома может доходить иногда до нескольких десятков секунд. Зная расстояние от источника звука, и измерив запаздывание звука, можно определить скорость его распространения. Вспышку, произведенную на расстоянии 3 км, мы видим с запаздыванием всего на 10 мкс, в то время как звук тратит на пробег этого расстояния около 9 с. В сухом воздухе при температуре 10 ’C эта скорость оказалась равной 337,5 м/с.

Скорость звуковых волн весьма различна для разных сред и, кроме того, зависит от температуры. Современные методы позволяют произвести точные измерения скорости звука, пользуясь малыми количествами исследуемого вещества.

# Радиолокация, гидроакустическая локация и звукометрия

Если скорость распространения волн известна, то измерение их запаздывания позволяет решить обратную задачу: найти пройденное ими расстояние. Задачу измерения расстояния в ряде случаев можно решать, однако на скорость распространения сигнала влияют целый ряд обстоятельств: ветер, неоднородность температуры среды и т.п. что приводит к уменьшению точности расчетов.

На принципе измерения времени запаздывания основана гидроакустическая локация и эхолотирование. Гидролокаторы позволяют, например, обнаруживать с надводных кораблей подводные лодки и, наоборот, с подводных лодок надводные корабли. При помощи эхолотов измеряется глубина морского дна.

Измеряя разности между временами прихода какого-либо звука (взрыва, выстрела) в три различных пункта наблюдения, можно определить местонахождение источника этого звука. Такой способ называется звукометрией, применяется в военном деле для засечки артиллерийских батарей противника.

# Отражение волн

Поставим на пути волн в водяной ванне плоскую пластинку, длина которой велика по сравнению длиной волны . Мы увидим следующие. Позади пластинки получается область, в которой поверхность воды остается почти в покое. Другими словами, пластинка создает тень –

пространство, куда волны не проникают. Перед пластинкой отчетливо видно, как волны отражаются от нее, т.е. волны, падающие на пластинку, создают волны, идущие от пластинки.

Эти отражения волны имеют прежних волн. Перед пластинкой возникает своеобразная сетка из

первичных волн, падающих на пластинку, и отраженных, идущих от нее навстречу падающим.

Отражение плоских волн.

Обозначим угол, образуемый перпендикуляром к плоскости нашей пластинки и направлением распространения падающей волны, через , а угол, образуемый тем же перпендикуляром и направлением распространения отраженной волны, - через . Опыт показывает, что при всяком положении пластинки , т.е. угол отражения волны от отражающей плоскости равен углу падения.

Этот закон является общим волновым законом, т.е. он справедлив для любых волн, в том числе и для звуковых и световых. Закон остается в силе и для сферических (или кольцевых) волн. Здесь угол отражения  в разных точках отражающей плоскости различен, но в каждой точке равен углу падения .

Отражение волн от препятствий к числу очень распространенных явлений. Хорошо всем известное эхо обусловлено отражением звуковых волн от зданий, холмов, леса и т.п. Если до нас доходят звуковые волны, последовательно отразившиеся от ряда препятствий, то получается многократное эхо. Методы локации основаны на отражении электромагнитных волн и упругих волн от препятствий. Особенно часто мы наблюдаем явление отражения на световых волнах.

Отраженная волн всегда в той или иной степени ослаблена по сравнению с падающей. Часть энергии падающей волны поглощается тем телом, от поверхности которого происходит отражение.

# Перенос энергии волнами

Распространение механической волны, представляющее собой последовательную передачу движения от участка среды к другому, означает тем самым передачу энергии. Распространение волны создает в среде поток энергии, расходящийся от источника.

При встрече волны с различного рода телами переносимая энергия может произвести работу или превратится в другие виды энергии.

Яркий пример такого переноса энергии без переноса вещества дают нам взрывные волны. На расстояниях во много десятков метров от места взрыва, куда не долетают ни осколки, ни поток горячего воздуха, взрывная волна выбивает стекла, ломает стены и т.п., т.е. производит большую механическую работу. Но энергия переносится, конечно, и самыми слабыми волнами; например, летящий комар излучает звуковую волну, мощность которой, т.е. энергия, излучаемая в 1 с, составляет 10-10 Вт.

Энергия, излучаемая точечным источником, равномерно распространяется по всей поверхности волновой среды. Нетрудно видеть, что энергия, приходящиеся на единицу поверхности этой сферы, будет тем меньше, чем больше радиус сферы. Площадь сферы или любого вырезанного в ней конусом участка растет пропорционально квадрату радиуса, т.е. при увеличении расстояния от источника вдвое площадь увеличивается вчетверо, и на каждую единицу поверхности сферы приходится вчетверо меньшая энергия волны.

Энергию, переносимую волной через сечение, площадь которого равна 1 м2, за время, равное 1 с, т.е. мощность, переносимую через единичное сечение, называют интенсивностью волны. Таким образом, интенсивность сферической волны убывает обратно пропорционально квадрату расстояния от источника.

2

1

4

1

### Список используемой литературы

1. Элементарный учебник физики под редакцией Г.С. Ландсберга том III. Колебания и волны. Оптика. Атомная и ядерная физика – Репринт 10 изд перпраб, 1995
2. Физика Дж. Орир том 1, Москва 1981
3. Учебник по физике для 9 класса средней школы Н.М. Шахмаева, С.Н. Шахмаева, Д.Ш. Шодиева, 1992