



Физика - одна из самых удивительных наук! Физика столь интенсивно развивается, что даже лучшие педагоги сталкиваются с большими трудностями, когда им надо рассказать о современной науке. Данный ресурс поможет эффективно и интересно изучать физику. Учите физику!

Пользовательского поиска

Поиск

Главная

Новости

Обучение

Лекции

Тестирование

Обучение и материалы

Физический справочник

Формулы по физике

Шпаргалки по физике

Энциклопедия

Репетиторы по физике

Работа для физиков

Реклама от Google

Лекция

Физика

Быстрый устный счет

Виртуальные лабораторные

Опыты по физике

ЕГЭ онлайн

Онлайн тестирование

Ученые физики

Необъяснимые явления

Ваша реклама на сайте

Разное

Контакты

Спецкурс

Фейнмановские лекции

Том 1

Том 2

Том 3

Том 4

Том 5

Том 6

Том 7

Том 8

Том 9

Том 10

В мире больших скоростей

Читать книгу

Введение в теорию относительности

Читать книгу

Лекции по биофизике

Лекции по ядерной физике

Ускорение времени...

Лазеры

Нанотехнологии

Книги

полезное

Смешные анекдоты о физике

Готовые шпоры по физике

Физика в жизни

Ученые и деньги

Нобелевские лауреаты

Фото

Главная >> Биофизика

Лекция №1. Механические колебания и волны

Колебания – это движение тела, в ходе которого оно многократно движется по одной и той же траектории и проходит при этом одни и те же точки пространства. Примерами колеблющихся объектов могут служить - маятник часов, струна скрипки или фортепиано, вибрации автомобиля.

Колебания играют важную роль во многих физических явлениях за пределами области механики. Например, напряжение и сила тока в электрических цепях могут колебаться. Биологическими примерами колебаний могут служить сердечные сокращения, артериальный пульс и производство звука голосовыми связками.

Хотя физическая природа колеблющихся систем может существенно отличаться, разнообразные типы колебаний могут быть охарактеризованы количественно сходным образом. Физическая величина, которая изменяется со временем при колебательном движении, называется **смещением**. **Амплитуда** представляет собой максимальное смещение колеблющегося объекта от положения равновесия. **Полное колебание, или цикл** – это движение, при котором тело, выведенное из положения равновесия на некоторую амплитуду, возвращается в это положение, отклоняется до максимального смещения в противоположную сторону и возвращается в свое первоначальное положение. **Период колебания T** – время, необходимое для осуществления одного полного цикла. Число колебаний за единицу времени - это **частота колебаний**.

Простое гармоническое колебание

В некоторых телах при их растяжении или сжатии возникают силы, противодействующие этим процессам. Эти силы прямо пропорциональны длине растяжения или сжатия. Таким свойством обладают пружины. Когда тело, подвешенное к пружине, отклоняют от положения равновесия, а потом отпускают, его движение представляет собой простое гармоническое колебание.

Рассмотрим тело массой m , подвешенное на пружине в положении равновесия. Смещая тело вниз, можно вызвать колебание тела. Если - смещение тела от положения равновесия, то в пружине возникает сила F (сила упругости), направленная в противоположную смещению сторону. В соответствии с законом Гука, сила упругости пропорциональна смещению $F_{\text{упр}} = -k \cdot S$, где k - константа, которая зависит от упругих свойств пружины. Сила является отрицательной, поскольку она стремится вернуть тело в положение равновесия.

Действуя на тело массой m , сила упругости придает ему ускорение вдоль направления смещения. Согласно закону Ньютона $F = ma$, где $a = d^2S/dt^2$. Для упрощения последующих рассуждений пренебрежем трением и вязкостью в колеблющейся системе. В таком случае амплитуда колебаний не будет изменяться со временем.

Если не действуют никакие внешние силы (даже сопротивление среды) на колеблющееся тело, то колебания осуществляются с определенной частотой. Эти колебания называются свободными. Амплитуда таких колебаний остается постоянной.

Таким образом, $m \cdot d^2S/dt^2 = -k \cdot S$ (1). Перемещая все члены равенства и деля их на m , получим уравнение $d^2S/dt^2 + (k/m) \cdot S = 0$,

а затем $d^2S/dt^2 + \omega_0^2 \cdot S = 0$ (2), где $k/m = \omega_0^2$

Уравнение (2) является *дифференциальным уравнением простого гармонического колебания*.

Решение уравнения (2) дает две функции:

$S = A \sin(\omega_0 t + \phi_0)$ (3) и $S = A \cos(\omega_0 t + \phi_0)$ (4)

Таким образом, если тело массой m осуществляет простые гармонические колебания, изменение смещения этого тела от точки равновесия во времени осуществляется по закону синуса или косинуса.

$(\omega_0 t + \phi_0)$ - фаза колебания с начальной фазой ϕ_0 . Фаза является свойством колебательного движения, которое характеризует величину смещения тела в любой момент времени. Измеряется фаза в радианах.

Величина *называется угловой, или круговой, частотой*. Измеряется в радианах, деленных за секунду $\omega_0 = 2\pi\nu$ или $\omega_0 = 2\pi/T$ (5)

График уравнения простого гармонического колебания представлен на *Рис. 1*. Тело, первоначально смещенное на расстояние A – амплитуды колебания, а затем отпущенное, продолжает колебаться от $-A$ и до A за время T - период колебания.

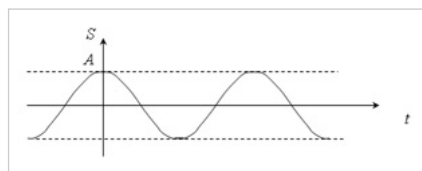


Рис. 1.

Видео
Карта сайта

На заметку

Если вам понравился сайт,
предлагаем разместить нашу
кнопку



Дополнительно

Компьютерные программы
по физике



Физика и юмор



Онлайн тестирование
по физике



Таким образом, в ходе простого гармонического колебания величина смещения тела изменяется во времени вдоль синусоиды или косинусоиды. Поэтому простое гармоническое колебание часто называют синусоидальным колебанием.

Простое гармоническое колебание имеет следующие основные характеристики:

- движущееся тело попеременно находится по обе стороны от положения равновесия;
- тело повторяет свое движение за определенный интервал времени;
- ускорение тела всегда пропорционально смещению и направлено противоположно ему;
- графически этот тип колебания описывает синусоида.

Затухающее колебание

Простое гармоническое колебание не может продолжаться сколь угодно долго при постоянной амплитуде. В реальных условиях через некоторое время гармонические колебания прекращаются. Такие гармонические колебания в реальных системах называются *затухающими колебаниями* (рис.2). К снижению амплитуды колебаний с последующим их прекращением приводит действие внешних сил, например, трения и вязкости. Эти силы уменьшают энергию колебаний. Они называются *диссипативными силами*, поскольку способствуют рассеиванию потенциальной и кинетической энергии макроскопических тел в энергию теплового движения атомов и молекул тела.

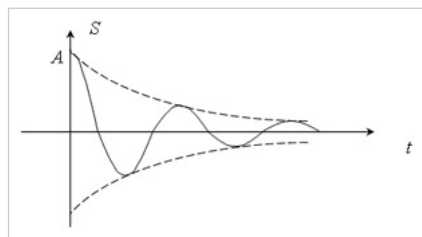


Рис 2.

Величина диссипативных сил зависит от скорости тела. Если скорость v сравнительно мала, то диссипативная сила F прямо пропорциональна этой скорости $F_{\text{тр}} = -rv = -r \cdot dS/dt$ (6)

Здесь r - постоянный коэффициент, независимый от скорости или частоты колебаний. Знак минус указывает на то, что тормозящая сила направлена против вектора скорости движения.

Принимая во внимание действие диссипативных сил, дифференциальное уравнение гармонического затухающего колебания имеет вид: $m \cdot d^2S/dt^2 = -kS - r \cdot dS/dt$.

Перенесем все члены равенства в одну сторону, разделив каждый член на m и заменяя $k/m = \omega_0^2$, $r/m = 2\beta$, получим *дифференциальное уравнение свободных гармонических затухающих колебаний*

$$\frac{d^2S}{dt^2} + \omega^2 \cdot S + 2 \cdot \beta \cdot \frac{dS}{dt} = 0 \quad (7)$$

где β - коэффициент затухания, характеризующий затухание колебаний за единицу времени.

Решением уравнения является функция $S = A_0 \cdot e^{-\beta t} \cdot \sin(\omega t + \varphi_0)$ (8)

Уравнение (8) показывает, что амплитуда гармонического колебания уменьшается экспоненциально во времени. Частота затухающих колебаний определяется уравнением $\omega = \sqrt{(\omega_0^2 - \beta^2)}$ (9)

Если колебание не может происходить вследствие большого β , то система возвращается в свое положение равновесия по экспоненциальному пути без колебания.

Вынужденное колебание и резонанс

Если не сообщать колеблющейся системе внешнюю энергию, то амплитуда гармонического колебания уменьшается во времени из-за диссипативных эффектов. Периодическое действие силы может увеличить амплитуду колебаний. Теперь колебание не будет затухать со временем, поскольку потерянная энергия восполняется в течение каждого цикла действием внешней силы. Если будет достигнут баланс этих двух энергий, то амплитуда колебаний будет оставаться постоянной. Эффект зависит от соотношения частот вынуждающей силы ω и собственной частоты колебания системы ω_0 .

Если тело колеблется под действием внешней периодической силы с частотой этой внешней силы, то колебание тела называется *вынужденным*.

Энергия внешней силы оказывает наибольшее действие на колебания системы, если внешняя сила обладает определенной частотой. Эта частота должна быть такой же, как и частота собственных колебаний системы, которые бы эта система совершала в отсутствие внешних сил. В таком случае происходит *резонанс* - явление резкого возрастания амплитуды колебаний при совпадении частоты вынуждающей силы с частотой собственных колебаний системы.

Механические волны

Распространение колебаний из одного места в другое называется волновым движением, или просто *волной*.

Механические волны образуются вследствие простых гармонических колебаний частиц среды от их среднего положения.

Вещество среды не перемещается при этом из одного места в другое. Но частицы среды, передающие друг другу энергию, необходимы для распространения механических волн.

Таким образом, механическая волна является возмущением материальной среды, которое проходит эту среду с определенной скоростью, не изменяя своей формы.

Если в воду бросить камень, от места возмущения среды побежит одиночная волна. Однако волны иногда могут быть периодическими. Например, вибрирующий камертон производит попеременные сжатия и разрежения окружающего его воздуха. Эти возмущения, воспринимаемые как звук, происходят периодически с частотой колебаний камертона.

Существуют механические волны двух видов.

(1) *Поперечная волна*. Этот вид волн характеризуется вибрацией частиц среды под прямым углом к направлению распространения волны. Поперечные механические волны могут возникать только в твердых веществах и на поверхности жидкостей.

В поперечной волне все частицы среды осуществляют простое гармоническое колебание возле своих средних положений. Положение максимального смещения вверх называется "*пиком*", а положение максимального смещения вниз - "*впадиной*". Расстояние между двумя последующими пиками или впадинами называется длиной поперечной волны λ .

(2) *Продольная волна*. Этот вид волн характеризуется колебаниями частиц среды вдоль направления распространения волны. Продольные волны могут распространяться в жидкостях, газах и твердых телах.

В продольной волне все частицы среды также осуществляют простое гармоническое колебание около их среднего положения. В некоторых местах частицы среды расположены ближе, а в других местах - дальше, чем в нормальном состоянии.

Места, где частицы расположены близко, называются областями *сжатия*, а места где они находятся далеко друг от друга - областями *разрежения*. Расстояние между двумя последовательными сжатиями или разрежениями называют длиной продольной волны.

Выделяют следующие *характеристики волн*.

(1) *Амплитуда* - максимальное смещение колеблющейся частицы среды от ее положения равновесия (A).

(2) *Период* - время, необходимое частице для одного полного колебания (T).

(3) *Частота* - количество колебаний, произведенных частицей среды, за единицу времени (ν). Между частотой волны и ее периодом существует обратная зависимость: $\nu = 1/T$.

(4) *Фаза* колеблющейся частицы в любой момент определяет ее положение и направление движения в данный момент. Фаза представляет собой часть длины волны или периода времени.

(5) *Скорость* волны является скоростью распространения в пространстве пика волны (v).

Совокупность частиц среды, колеблющихся в одинаковой фазе, формирует фронт волны. С этой точки зрения, волны делятся на два вида.

(1) Если источник волны является точкой, из которой она распространяется во всех направлениях, то образуется *сферическая волна*.

(2) Если источник волны колеблющаяся плоская поверхность, то образуется *плоская волна*.

Смещение частиц плоской волны можно описать общим уравнением для всех типов волнового движения: $S = A \sin \omega \cdot (t - x/v)$ (10)

Это означает, что величина смещения (S) для каждой значения времени (t) и расстояния от источника волны (x) зависит от амплитуды колебания (A), угловой частоты (ω) и скорости волны (v).

Эффект Доплера

Эффект Доплера - изменение частоты волны, воспринимаемой наблюдателем (приемником) благодаря относительному движению источника волн и наблюдателя. Если источник волн приближается к наблюдателю, число волн, прибывающих к наблюдателю волн, каждую секунду превышает испускаемое источником волн. Если источник волн удаляется от наблюдателя, то число испускаемых волн больше, чем прибывающих к наблюдателю.

Аналогичный эффект следует в случае, если наблюдатель перемещается относительно неподвижного источника.

Примером эффекта Доплера является изменение частоты гудка поезда при его приближении и удалении от наблюдателя.

Общее уравнение для эффекта Доплера имеет вид

$$\nu_{\text{приемн}} = \frac{v_0 \pm v_{\text{приемн}}}{v_0 \mp v_{\text{источн}}} \cdot \nu_{\text{источн}} \quad (11)$$

Здесь $\nu_{\text{источн}}$ - частота волн, испускаемых источником, и $\nu_{\text{приемн}}$ - частота волн, воспринятая наблюдателем. v_0 - скорость волн в неподвижной среде, $v_{\text{приемн}}$ и $v_{\text{источн}}$ - скорости наблюдателя и источника волн соответственно. Верхние знаки в формуле относятся к случаю, когда источник и наблюдатель перемещаются друг к другу. Нижние знаки относятся к случаю удаления друг от друга источника и наблюдателя волн.

Изменение частоты волн вследствие эффекта Доплера называют доплеровским сдвигом частоты. Этот феномен используется для измерения скорости перемещения различных тел, включая эритроциты в кровеносных сосудах.

Смотрите задачи на тему "механические колебания"

Комментарии отключены

Социальные комментарии **Cackl**e

© All-Физика, 2009-2016

При использовании материалов сайта ссылка на www.all-fizika.com обязательна.

