

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ЛЕСОСИБИРСКИЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ –
филиал Сибирского федерального университета

Физико-математический

факультет

Высшей математики, информатики и естествознания

Кафедра


ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

44.03.05 Педагогическое образование

44.03.05.08 Информатика и физика

МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ ТЕМЫ «МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ И
ВОЛНЫ» НА УРОКАХ ФИЗИКИ В 9 КЛАССЕ

Руководитель

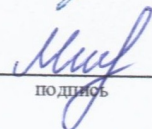


подпись

А. Н. Втюрин

инициалы, фамилии

Выпускник



подпись

Н. С. Михайлова

инициалы, фамилии

Лесосибирск 2017

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ЛЕСОСИБИРСКИЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ –
филиал Сибирского федерального университета

Физико-математический

факультет

Высшей математики и информатики, естествознания
кафедра

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

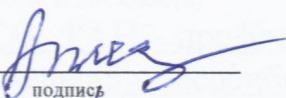
44.03.05 Педагогическое образование

44.03.05.08 Информатика и физика

МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ ТЕМЫ «МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ И
ВОЛНЫ» НА УРОКАХ ФИЗИКИ В 9 КЛАССЕ

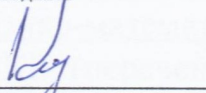
Работа защищена «21» июня 2017 г. с оценкой «хорошо»

Председатель ГЭК

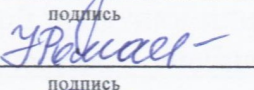

подпись

С.С. Аплеснин
инициалы, фамилия

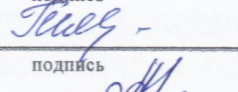
Члены ГЭК


подпись

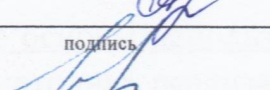
Е.В. Киргизова
инициалы, фамилия


подпись

Н.Ф. Романцова
инициалы, фамилия


подпись

А.М. Гилязутдинова
инициалы, фамилия


подпись

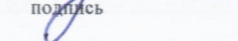
А.М. Иванова
инициалы, фамилия

Руководитель


подпись

А.Н. Втюрин
инициалы, фамилия

Выпускник


подпись

Н.С. Михайлова
инициалы, фамилия

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ ТЕМЫ «МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ» НА УРОКАХ ФИЗИКИ В 9 КЛАССЕ содержит 69 страниц текстового документа, 30 использованных источника, 35 иллюстраций, 4 таблицы, 44 формул.

Объект исследования: механические колебания и волны в механике.

Предмет исследования: методика преподавания механических колебаний и волн в общеобразовательной школе.

Цель работы: проанализировать механические колебания и волны в физике (раздел механика) и рассмотреть их методику изучения в школе.

Задачи исследования:

1. Выявить значимость механических колебаний при изучении физики.
2. Рассмотреть сущность колебаний и волн в механике.
3. Определить значение механических колебаний и волн в природе и технике.
4. Рассмотреть некоторые методики проведения уроков по изучению механики в курсе физики средней школы.

В результате проделанной работы была проведена методика изучения темы «Механических колебаний и волн», основных понятий и определений по данной теме. Были изучены школьные учебники, рассмотрена методика изучения механических колебаний и волн, выявлена значимость механики при изучении физики. Выводы в данной работе сделаны на основе проработки многих источников учебной и учебно-методической литературы. Была рассмотрена методика решения задач по данной теме, приведены лабораторные работы и демонстрационный эксперимент.

СОДЕРЖАНИЕ

Вве дение.....	6
1 Колебания и волны в механике.....	8
1.1. Механические колебания	8
1.2. Механические волны	19
1.3 Значение механических колебаний и волн в природе и технике.....	25
2 Методика изучения механических колебаний и волн в школе	34
2.1. Анализ современного состояния изучения механических колебаний и волн в школе	34
2.2. Методика изучения колебания и механических волн в школе	39
2.3. Методика решения задач.....	53
2.4. Лабораторные работы.....	58
2.5. Демонстрационный эксперимент	63
Заключение	68
Список использованных источников	69

ВВЕДЕНИЕ

Колебательные и волновые движения – один из самых распространённых движений в природе. Излучение колебаний – это мощный инструмент познания, универсальный ключ ко многим тайнам природы. Недаром академик Л. И. Мандельштам говорил, что «...если посмотреть историю физики, то можно увидеть, что главные открытия, по существу, были колебательными» [2].

В окружающем нас мире часто приходится сталкиваться с периодическими процессами, которые повторяются через одинаковые промежутки времени. Такие процессы называют колебательными. Колебательные явления различной физической природы подчиняются общим закономерностям. Общность колебательных закономерностей позволяет рассматривать колебательные процессы различной природы с единой точки зрения.

Механическими колебаниями называются периодические изменения физической величины, описывающей механическое движение.

Если в какой-либо точке среды, в которой близко расположенные атомы или молекулы испытывают силовое воздействие, возбужден процесс механических колебаний, то этот процесс будет с конечной скоростью, зависящей от свойств среды, распространяться от точки к точке. Так возникают механические волны.

Как и колебания, волновые процессы различной физической природы имеют много общего. В этом проявляется единство материального мира.

Актуальность работы состоит в том, что механические колебания и волны при изучении физики играют большую роль в формировании научного мировоззрения учащихся и в практическом применении в науке и технике.

Объект исследования: механические колебания и волны в механике.

Предмет исследования: методика преподавания механических колебаний и волн в общеобразовательной школе.

В данной выпускной работе была поставлена **цель:** проанализировать механические колебания и волны в физике (раздел механика) и рассмотреть их методику изучения в школе.

Задачи исследования:

1. Выявить значимость механических колебаний при изучении физики.
2. Рассмотреть сущность колебаний и волн в механике.
3. Определить значение механических колебаний и волн в природе и технике.
4. Рассмотреть некоторые методики проведения уроков по изучению механики в курсе физики средней школы.

Для решения поставленных задач нами применялись следующие **методы исследования:**

1. Анализ научно-методической литературы.
2. Анализ школьных учебников.
3. Беседы с учителями физики.

Практическая значимость: работа будет полезна как студентам педагогических вузов, выходящим на педагогическую практику или при подготовке к практическим занятиям, так и начинающим учителям физики в школе.

Глава 1 КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ В МЕХАНИКЕ

1.1. Механические колебания

Механическое колебание – одно из наиболее распространенных движений в природе. Изучение колебаний – это мощный инструмент познания, открытое окно в микромир, и в космос. Недаром академик Л. И. Мандельштам говорил, что «...если посмотреть историю физики, то можно увидеть, что главные открытия были колебательными» [17].

Теория механических колебаний является одновременно и разделом механики и частью общей теории колебаний, которая, в свою очередь, является составляющей прикладной математики и математической физики и связана с наиболее сложным математическим аппаратом. В связи с этим изучение истории развития теории механических колебаний требует изучения литературы не только по данной науке, но и по истории теоретической и аналитической механики, а также математики, в том числе математической физики.

Первыми учеными, изучавшими колебания, были итальянец Г. Галилей (1564–1642 гг.) и голландец Х. Гюйгенс (1629–1692 гг.). Галилей установил изохронизм (независимость периода от амплитуды) малых колебаний, наблюдая за раскачиванием люстры в соборе и отмеряя время по ударам пульса на руке. Гюйгенс изобрёл первые часы с маятником, и исследовал ряд проблем, связанных с движением маятника, в частности нашел центр качания физического маятника. Исследования колебаний маятника, предпринятые Г. Галилеем и Х. Гюйгенсом, сыграли важнейшую роль в возникновении классической механики.

Изучение в конце XIX века электромагнитных колебаний английским физиком У. Томсоном (Кельвином) имело большое значение для понимания электромагнитных явлений. Много важных сведений и результатов по теории колебаний содержится в трудах английского физика Дж. Рэлея.

Изобретение радио русским учёным А. С. Поповым в 1895 году явилось важнейшим техническим применением электромагнитных колебаний.

П. Н. Лебедев посвятил ряд выдающихся исследований получению электромагнитных колебаний очень высокой частоты, ультразвуковым колебаниям и поведению вещества под действием быстропеременных электрических полей.

А. Н. Крылову принадлежат фундаментальные исследования по теории качки корабля. Большое значение в области изучения колебаний, в частности нелинейных колебаний, имели работы советских ученых Л. И. Мандельштама, Н. Д. Папалекси, Н. М. Крылова, Н. Н. Боголюбова и А. А. Андропова.

Работы А. Н. Колмогорова и А. Я. Хинчина содержат математическую основу теории случайных процессов в колебательных системах, получившей важное практическое значение.

Вплоть до конца XIX века проблемы колебаний в технике не возникали, что вызвано маломощностью и тихоходностью машин. Прикладная теория механических колебаний выделилась в самостоятельную науку только на рубеже XX века. Первой серьезной задачей стали колебания мостов под действием подвижной нагрузки. Затем теория колебаний развивалась в основном благодаря задачам, связанным с кораблестроением. Это задачи о крутильных колебаниях паровых валов и изгибных колебаниях судовых корпусов. Развитие техники в начале XX века, особенно турбо- и двигателестроения расширило круг задач динамической прочности.

Колебания механических систем, или механические колебания — это механическое движение тела или системы тел, которое обладает повторяемостью во времени и происходит в окрестности положения равновесия. Положением равновесия называется такое состояние системы, в котором она может оставаться сколь угодно долго, не испытывая внешних воздействий [19].

Рассмотрим маятник, прикрепленный к тонкой, легкой нити; на конце нити закреплен шарик. Если маятник отклонить и отпустить, то начнутся колебания. Положение равновесия — это положение маятника при отсутствии отклонения (рис. 1).

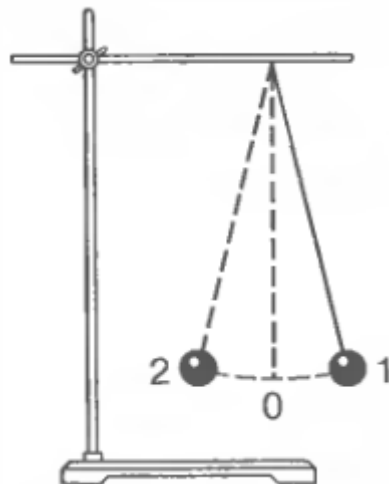


Рисунок 1 – Отклоняющийся маятник

В этом положении маятник, если его не трогать, может пребывать сколь угодно долго. При колебаниях маятник много раз проходит положение равновесия.

Сразу после того, как отклонённый маятник отпустили, он начал двигаться, прошёл положение равновесия, достиг противоположного крайнего положения, на мгновение остановился в нём, двинулся в обратном направлении, снова прошёл положение равновесия и вернулся назад.

Совершилось одно полное колебание. Дальше этот процесс будет периодически повторяться.

Амплитуда колебаний тела — это величина его наибольшего отклонения от положения равновесия.

Период колебаний T — это время одного полного колебания. Можно сказать, что за период тело проходит путь в четыре амплитуды.

Частота колебаний ν — это величина, обратная периоду: $\nu = \frac{1}{T}$

Частота измеряется в герцах (Гц) и показывает, сколько полных колебаний совершается за одну секунду.

Будем считать, что положение колеблющегося тела определяется одной-единственной координатой x . Положению равновесия отвечает значение $x = 0$. Основная задача механики в данном случае состоит в нахождении функции $x(t)$, дающей координату тела в любой момент времени [11].

Для математического описания колебаний естественно использовать периодические функции. Таких функций много, но две из них — синус и косинус — являются самыми важными. У них много хороших свойств, и они тесно связаны с широким кругом физических явлений.

Поскольку функции синус и косинус получаются друг из друга сдвигом аргумента на $\pi/2$, можно ограничиться только одной из них. Мы для определённости будем использовать косинус.

Гармонические колебания — это колебания, при которых координата зависит от времени по гармоническому закону: $x = A \cos(\omega t + \alpha)$.

Выясним смысл входящих в эту формулу величин.

Положительная величина A является наибольшим по модулю значением координаты (так как максимальное значение модуля косинуса равно единице), т. е. наибольшим отклонением от положения равновесия. Поэтому A — амплитуда колебаний.

Аргумент косинуса $\omega t + \alpha$ называется фазой колебаний. Величина α , равная значению фазы при $t = 0$, называется начальной фазой. Начальная фаза отвечает начальной координате тела: $x_0 = A \cos \alpha$.

Величина ω называется циклической частотой. Найдём её связь с периодом колебаний T и частотой ν . Одному полному колебанию отвечает приращение фазы, равное 2π радиан: $\omega T = 2\pi$, откуда $\omega = 2\pi/T$, $\omega = 2\pi\nu$.

Измеряется циклическая частота в рад/с (радиан в секунду).

В соответствии с выражениями получаем ещё две формы записи гармонического закона: $x = A \cos\left(\frac{2\pi t}{T} + \alpha\right)$, $x = A \cos(2\pi\nu t + \alpha)$.

График функции, выражающей зависимость координаты от времени при гармонических колебаниях, приведён на рис. 2.

Гармонический закон носит самый общий характер. Он отвечает, например, ситуации, когда с маятником совершили одновременно два начальных действия: отклонили на величину x_0 и придали ему некоторую начальную скорость.

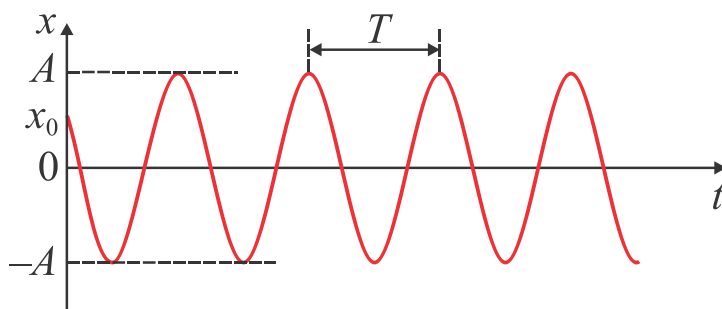


Рисунок 2 – График гармонических колебаний

Имеются два важных частных случая, когда одно из этих действий не совершалось.

Пусть маятник отклонили, но начальной скорости не сообщали (отпустили без начальной скорости). Ясно, что в этом случае $x_0 = A$, поэтому можно положить $\alpha = 0$. Мы получаем закон косинуса: $x = A \cos \omega t$.

График гармонических колебаний в этом случае представлен на рис. 3.

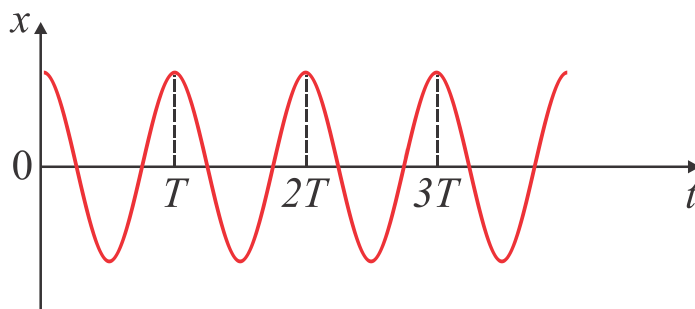


Рисунок 3 – Закон косинуса

Допустим теперь, что маятник не отклоняли, но в положении равновесия ударом сообщили ему начальную скорость. В этом случае $x_0 = 0$, так что можно положить $\alpha = -\pi/2$. Получаем закон синуса: $x = A \sin \omega t$.

График колебаний представлен на рис. 4.

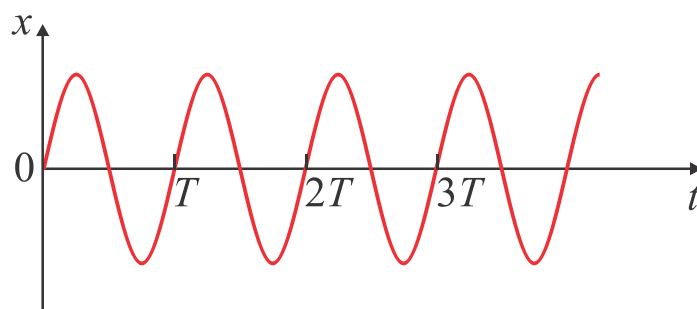


Рисунок 4 – Закон синуса

При изучении физических явлений или свойств физических объектов создают их модель. Существуют системы, представляющие собой тело определенной массы, подвешенное на нити или стержне (рис. 5).

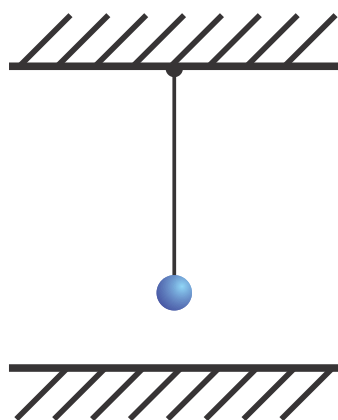


Рисунок 5 – Тело, подвешенное на нити

Моделью этих систем является математический маятник. *Математическим маятником называют тело, подвешенное на нити, размеры которого много меньше длины нити.*

Какие величины мы будем рассматривать, чтобы установить от чего зависит период колебаний данного маятника (масса, амплитуда, длина нити)?

Считается, что нить нерастяжима и не имеет массы, вся масса такого маятника сосредоточена в подвешенном к нити тела. При этом тело можно считать материальной точкой [25].

Рассмотрим процесс колебаний маятника. На маятник действуют равные по модулю и противоположно направленные сила тяжести и сила упругости (рис. 6). В положении равновесия равнодействующая этих сил равна 0.

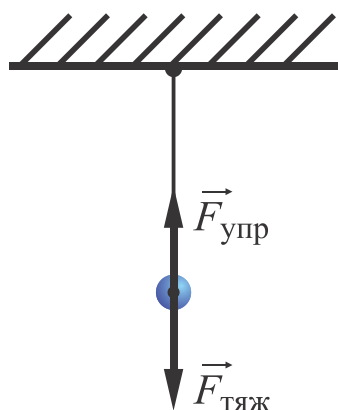


Рисунок 6 – Маятник в равновесии

Выведем маятник из положения равновесия, отклонив направо (рис. 7).

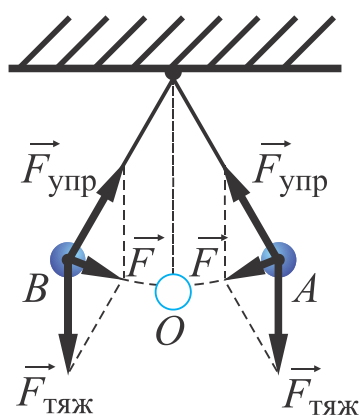


Рисунок 7 – Маятник отклонен

В этом положении силы тяжести и упругости будут направлены под углом друг к другу, и их равнодействующая \vec{F} уже не будет равна нулю. Под действием силы \vec{F} маятник начнет двигаться к положению равновесия. Вследствие инертности груз пройдет положение равновесия и отклонится от него в другую сторону. Дойдя до крайнего левого положения, маятник под действием равнодействующей сил тяжести и упругости начнет двигаться к положению равновесия. Пройдя его, он опять отклонится вправо. Процесс будет повторяться.

Математический маятник совершает колебания под действием внутренних сил: силы тяжести и силы упругости. Колебания, происходящие под действием внутренних сил, называют свободными.

Выясним, как изменяются смещение, скорость и ускорение при движении маятника. Вспомним, что отклонение маятника от положения

равновесия называют *смещением* x , а модуль наибольшего смещения – *амплитудой колебаний* A .

Анализируя процесс колебания маятника, можно сделать вывод, что это движение происходит под действием переменной силы. Это означает, что в процессе движения меняются не только смещение и скорость груза, но и его ускорение [7].

При движении маятник его скорость в крайних положениях A и B равна нулю, а при прохождении через положение равновесия она максимальна в положениях A и B и равна нулю в положении равновесия. Следовательно, в соответствии со вторым законом Ньютона ускорение маятника максимально в положениях A и B и равно нулю в положении равновесия.

Следует иметь также в виду, что проекция скорости маятника на ось x имеет разные знаки в зависимости от направления движения. При движении от точки A к точке O проекция скорости на эту ось отрицательна, а при движении от точки B к точке O положительна. То же относится к проекциям силы \vec{F} и ускорения на ось x : при движении от точки O к точке A они отрицательны, а при движении от точки O к точке B положительны.

Пользуясь вторым законом Ньютона $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$, запишем уравнение колебаний математического маятника. Для этого, выразим силу \vec{F} (рис. 8).

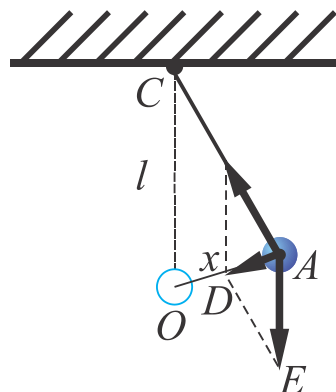


Рисунок 8 – Колебания математического маятника

При малых смещениях треугольники AOC и ADE подобны, как треугольники с общим углом и со взаимно параллельными сторонами.

Соответственно, отсюда $F = -\frac{g}{l}mx$ и $a = -\frac{g}{l}x$, т. е. сила, действующая в колебательной системе, прямо пропорциональна смещению и направлена в противоположную сторону и, соответственно, ускорение колебаний математического маятника прямо пропорционально его смещению.

Рассмотрим еще одну колебательную систему – пружинный маятник. Пружинный маятник – это груз, прикрепленный к пружине.

В этой модели маятника мы пренебрегаем массой пружины по сравнению с массой груза, деформацией тела по сравнению с деформацией пружины. Кроме того, считаем, что деформация пружины подчиняется закону Гука: $F_{\text{упр}} = -kx$. Рассмотрим движение такого маятника (рис. 9).

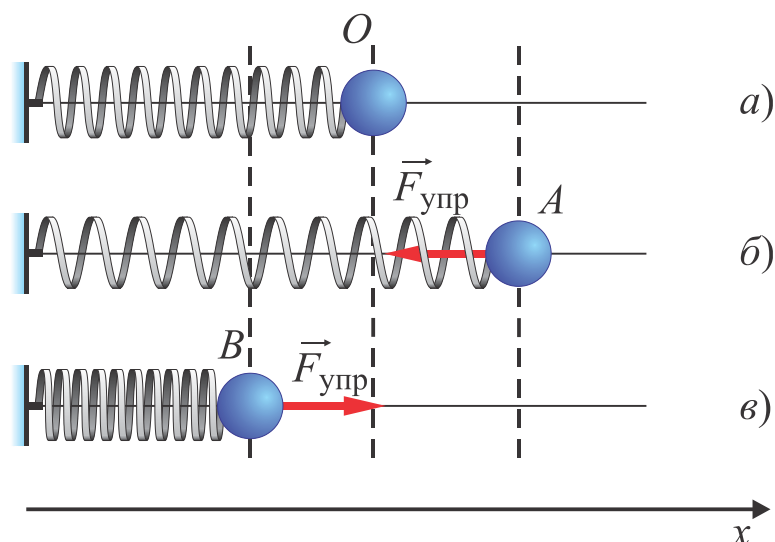


Рисунок 9 – Пружинный маятник

Пока пружина не деформирована (на рисунке 9а), точка O , груз находится в положении равновесия. При этом на груз в горизонтальном направлении силы не действуют.

Выведем груз из положения равновесия, растянув пружину (на рисунке 9б), и отпустим его (точка A). На груз будет действовать сила упругости пружины, пропорциональная ее удлинению и направления к положению равновесия. Под действием этой силы груза начнет двигаться к положению равновесия. Вследствие инертности он пройдет положение равновесия. Пружина сжимается, и в ней опять возникает сила упругости. Дойдя до

крайнего левого положения (точка B), груз остановится, а затем под действием силы упругости начнет двигаться к положению равновесия (на рисунке 9в). Пройдя его, он отклонится вправо, и процесс повторится [15].

Пружинный маятник будет совершать свободные колебания относительно положения равновесия под действием переменной силы. Соответственно в процессе движения изменяется и скорость, и ускорение аналогично тому, как это происходит с математическим маятником.

Получим уравнение колебаний для пружинного маятника. Записав согласно второму закону Ньютона уравнение в проекциях на ось X и подставив выражение для силы упругости, получим:

$$F = ma, ma = -kx, a = -\frac{k}{m}x.$$

Так же, как и для математического маятника, мы получили, что колебания пружинного маятника происходит под действиям силы, прямо пропорциональной смещению, ускорение его колебаний также прямо пропорционально смещению и направлено в противоположную сторону.

Колебания, происходящие под действиям силы, прямо пропорциональной смещению и направленной в сторону, противоположную смещению, называются гармоническими.

Ускорение при гармонических колебаниях прямо пропорционально смещению и направлено в противоположную сторону [19].

Свободные и вынужденные колебания

Говорят, что система совершает свободные колебания, если она однократно выведена из положения равновесия и в дальнейшем предоставлена сама себе. Никаких периодических внешних воздействий система при этом не испытывает, и никаких внутренних источников энергии, поддерживающих колебания, в системе нет.

Рассмотренные выше колебания пружинного и математического маятников являются примерами свободных колебаний.

Частота, с которой совершаются свободные колебания, называется собственной частотой колебательной системы. Так, формулы дают собственные (циклические) частоты колебаний пружинного и математического маятников.

В идеализированной ситуации при отсутствии трения свободные колебания являются незатухающими, т. е. имеют постоянную амплитуду и длятся неограниченно долго. В реальных колебательных системах всегда присутствует трение, поэтому свободные колебания постепенно затухают (рис. 10).

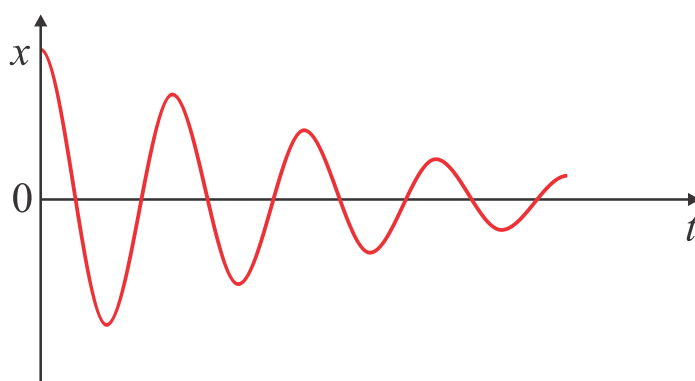


Рисунок 10 – Затухающие колебания

Особое внимание требуется уделять явлению резкого скачка амплитуды при *вынужденных* колебаниях, наступающих при приближении частоты воздействия вынуждающей силы к частоте собственных колебаний тела. Оно называется резонансом. Широко используемое в электронике, в механических системах явление резонанса в основном проявляет разрушительный характер, его необходимо учитывать при создании самых разнообразных механических конструкций и систем [26].

Вынужденные колебания — это колебания, совершаемые системой под воздействием внешней силы $F(t)$, периодически изменяющейся во времени (так называемой вынуждающей силы).

Предположим, что собственная частота колебаний системы равна ω_0 , а вынуждающая сила зависит от времени по гармоническому закону:
$$F(t) = F_0 \cos \omega t.$$

В течение некоторого времени происходит установление вынужденных колебаний: система совершает сложное движение, которое является наложением вынужденных и свободных колебаний. Свободные колебания постепенно затухают, и в установившемся режиме система совершает вынужденные колебания, которые также оказываются гармоническими. Частота установившихся вынужденных колебаний совпадает с частотой ω вынуждающей силы (внешняя сила как бы навязывает системе свою частоту).

Амплитуда установившихся вынужденных колебаний зависит от частоты вынуждающей силы. График этой зависимости показан на (рис. 11).

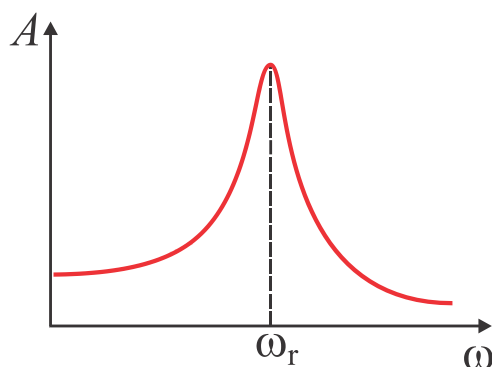


Рисунок 11 – Резонанс

Мы видим, что вблизи частоты $\omega = \omega_r$ наступает резонанс — явление возрастания амплитуды вынужденных колебаний. Резонансная частота приближённо равна собственной частоте колебаний системы: $\omega_r \approx \omega_0$, и это равенство выполняется тем точнее, чем меньше трение в системе. При отсутствии трения резонансная частота совпадает с собственной частотой колебаний, $\omega_r = \omega_0$, а амплитуда колебаний возрастает до бесконечности при $\omega \rightarrow \omega_0$.

1.2. Механические волны

Механические волны — это процесс распространения в пространстве колебаний частиц упругой среды (твёрдой, жидкой или газообразной). Наличие у среды упругих свойств является необходимым условием распространения волн: деформация, возникающая в каком-либо месте, благодаря

взаимодействию с соседними частицами последовательно передаётся от одной точки среды к другой. Различным типам деформаций будут соответствовать разные типы волн.

Волна – это одно из самых замечательных понятий в физике, встречающихся в самых разнообразных проявлениях, практически во всех областях: волны на поверхности воды, в межзвездной среде, кристаллических решетках, волны бегут по проводам.

Для возникновения механической волны необходимо:

1. Наличие упругой среды. Для возникновения волны в среде необходима деформация.

2. Наличие источника колебаний.

А теперь поговорим о видах волн.

Виды упругих волн

Продольные механические волны могут распространяться в любых средах – твердых, жидких и газообразных.

На рис. 12 показана продольная волна, представляющая собой колебания плоских слоёв среды; направление, вдоль которого колеблются слои, совпадает с направлением распространения волны (т. е. перпендикулярно слоям).

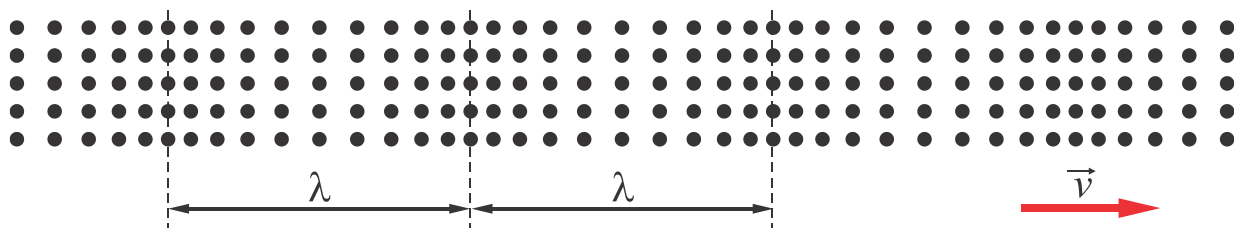


Рисунок 12 – Продольная волна

Если в одномерной модели твердого тела один или несколько шариков сместить в направлении, перпендикулярном цепочке, то возникнет деформация сдвига. Деформированные при таком смещении пружины будут стремиться вернуть смещенные частицы в положение равновесия. При

этом на ближайšie несмещенные частицы будут действовать упругие силы, стремящиеся отклонить их от положения равновесия. В результате вдоль цепочки побежит поперечная волна. В жидкостях и газах упругая деформация сдвига не возникает. Если смещение частиц среды происходит в направлении распространения волны, такая волна называется продольной [12].

Рассмотри пример: закрепляем один конец шнура, слегка натягиваем и смещаем свободный конец шнура вверх, а затем вниз (рис. 13).



Рисунок 13 – Волна

Мы увидим, что по шнуру побежит волна. Часть шнура обладают инертностью, поэтому они будут смещаться относительно положения равновесия не одновременно, а с некоторым запозданием. Постепенно в колебание придут все участки шнура. По нему распространяется колебание, или другими словами наблюдается волна.

Волны, направление распространения которых совпадает с направлением колебаний частиц среды, называют продольными.

Поперечные волны представляют собой чередование горбов и впади.

Кроме продольных волн, существуют и поперечные.

Волна называется поперечной, если частицы среды колеблются перпендикулярно направлению распространения волны. Поперечная волна вызывается деформациями сдвига одного слоя среды относительно другого. На рис. 14 каждый слой колеблется вдоль самого себя, а волна идёт перпендикулярно слоям.

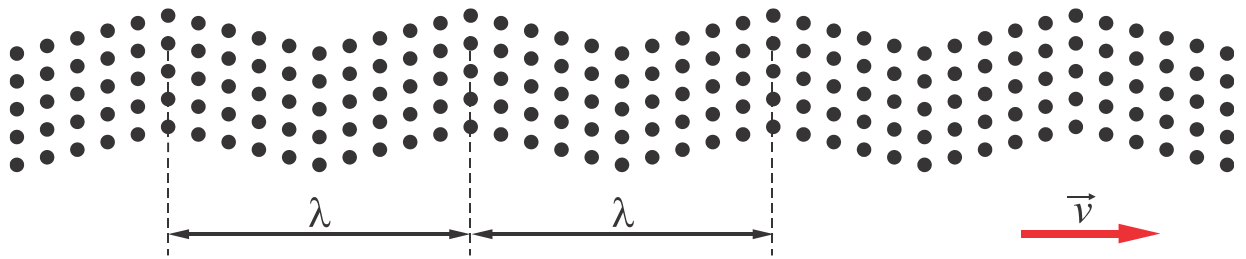


Рисунок 14 – Поперечная волна

Волны, направление распространения которых перпендикулярно направлению колебаний частиц среды, называются поперечными.

Закрепим один конец длиной пружины, подвешенной на нитях, и ударим по другому концу (Рис. 15).

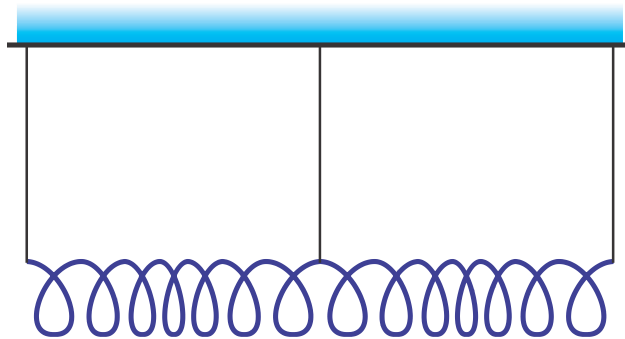


Рисунок 15 – Волна сжатий и растяжений пружины

Увидим, как возникшее на конце пружины сжатие витков распространяется по ней. Происходит сжатие и растяжение пружины.

Анализируя процесс образования волн, мы можем сделать следующие выводы: механические волны образуются благодаря инертности частиц среды и взаимодействию между ними, проявляющемуся в существовании сил упругости; каждая частица среды совершает вынужденные колебания, такие же, что и первая частица, вовлеченная в колебания; частота колебаний всех частиц одинакова и равна частоте источника колебаний; колебания каждой частицы происходят с запозданием, которое обусловлено ее инертностью – конечностью скорости распространения волны; это запаздывание тем больше, чем дальше находится частица от источника колебаний [18].

Продольные волны могут распространяться в твёрдых телах, жидкостях и газах: во всех этих средах существует упругая реакция на сжатие, в результате которой появятся бегущие друг за другом сжатия и

разрежения среды. Однако жидкости и газы, в отличие от твёрдых тел, не обладают упругостью по отношению к сдвигу слоёв. Поэтому поперечные волны могут распространяться в твёрдых телах, но не внутри жидкостей и газов [9]. Важно отметить, что частицы среды при прохождении волны совершают колебания вблизи неизменных положений равновесия, т. е. в среднем остаются на своих местах. Волна, таким образом, осуществляет перенос энергии, не сопровождающийся переносом вещества.

Наиболее просты для изучения гармонические волны. Они вызываются внешним воздействием на среду, меняющимся по гармоническому закону. При распространении гармонической волны частицы среды совершают гармонические колебания с частотой, равной частоте внешнего воздействия. Гармоническими волнами мы в дальнейшем и ограничимся.

Рассмотрим процесс распространения волны более подробно. Допустим, что некоторая частица среды (частица 1) начала совершать колебания с периодом T . Действуя на соседнюю частицу 2, она потянет её за собой. Частица 2, в свою очередь, потянет за собой частицу 3 и т. д. Так возникнет волна, в которой все частицы будут совершать колебания с тем же периодом T . Однако частицы имеют массу, т. е. обладают инертностью. На изменение их скорости требуется некоторое время. Следовательно, частица 2 в своём движении будет несколько отставать от частицы 1, частица 3 будет отставать от частицы 2 и т. д. Когда частица 1 спустя время T завершит первое колебание и начнёт второе, своё первое колебание начнёт частица $N + 1$, находящаяся от частицы 1 на некотором расстоянии λ . Итак, за время, равное периоду колебаний частиц, возмущение среды распространяется на расстояние λ . Это расстояние называется длиной волны. Колебания частицы $N + 1$ будут идентичны колебаниям частицы 1, колебания следующей частицы $N + 2$ будут идентичны колебаниям частицы 2 и т. д. Колебания как бы воспроизводят себя на расстоянии λ . Поэтому длину волны λ можно назвать пространственным периодом колебаний; наряду с временным периодом T она является важнейшей характеристикой волнового процесса. В

продольной волне длина волны равна расстоянию между соседними сжатиями или разрежениями (рис. 15). В поперечной — расстоянию между соседними гребнями или впадинами (рис. 14). Вообще, длина волны равна расстоянию (вдоль направления распространения волны) между двумя ближайшими частицами среды, колеблющимися одинаково (т. е. с разностью фаз, равной 2π) [28].

Скоростью распространения волны называется отношение длины волны к периоду колебаний частиц среды: $v = \lambda T$. Частотой волны называется частота колебаний частиц: $\nu = 1/T$. Отсюда получаем связь скорости волны, длины волны и частоты: $v = \lambda\nu$

Длиной волны называют расстояние, на которое волна распространяется за время, равное периоду колебаний.

Можно также сказать, что длина волны – это расстояние между двумя ближайшими гребнями или впадинами поперечной волны (рис. 16) или расстояние между двумя ближайшими сжатиями или разрежениями продольной волны (рис. 14).

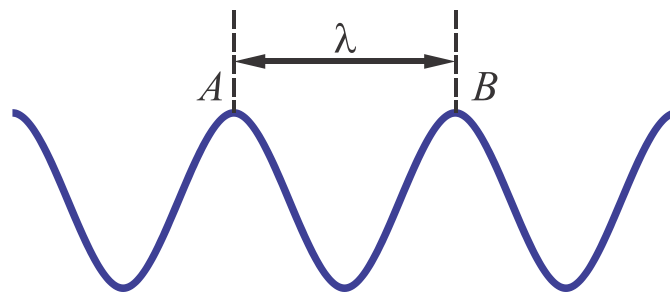


Рисунок 16 – Впадины поперечной волны

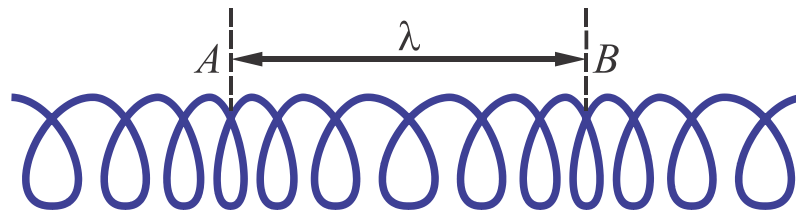


Рисунок 17 – Сжатие и разрежение продольной волны

Зная длину волны, можно определить ее скорость.

За скорость волны принимают скорость перемещения гребня или впадины в поперечной волне, сжатия или разрежения в продольной волне:

$$v = \lambda T.$$

Основное свойство волны – наличие переноса энергии без переноса вещества.

1.3 Значение механических колебаний и волн в природе и технике

Колебательные процессы весьма часто встречаются в окружающей нас природе и технике. Значительная часть механических движений – движение машин, работающих циклически; почти все акустические явления; переменный ток, применяющийся в быту и в разнообразных технических устройствах; радиотехника и часть электроники; вся волновая оптика; волновые свойства частиц – вот далеко не полный перечень явлений и технических приложений, описываемых на языке колебательных и волновых процессов. В конце концов, наши сердца бьются; наши легкие колеблются при дыхании; мы дрожим, когда нам холодно; мы можем слышать и разговаривать благодаря колебаниям барабанных перепонки и голосовых связок. Световые волны, которые позволяют нам видеть, имеют колебательную природу. Когда мы ходим, наши ноги совершают колебания. Колеблются даже атомы, из которых мы состоим. Если расширенно толковать термин «колебания», то сразу становится очевидным, что многие события повседневной жизни обладают необычайной циклическостью. Мир, в котором мы живем, удивительно склонен к колебаниям. Именно поэтому колебательному движению уделяется особое внимание в физике и технике.

Колебания – один из самых распространенных процессов в природе и технике. Колеблются высотные здания и высоковольтные провода под действием ветра, маятник заведенных часов и автомобиль на рессорах во время движения, уровень реки в течение года и температура человеческого тела при болезни.

Даже наше каждодневное хождение на работу и возвращение домой попадает под определение колебаний, которые трактуются как процессы, точно или приближенно повторяющиеся через равные промежутки времени.

Колебания бывают механические, электромагнитные, химические, термодинамические и различные другие. Несмотря на такое разнообразие, все они имеют между собой много общего и поэтому описываются одними и теми же дифференциальными уравнениями. Специальный раздел физики – теория колебаний – занимается изучением закономерностей этих явлений. Знать их необходимо судостроителям и самолетостроителям, специалистам промышленности и транспорта, создателям радиотехнической и акустической аппаратуры.

Любые колебания характеризуются амплитудой – наибольшим отклонением некоторой величины от своего нулевого значения, периодом (T) или частотой (ν). Последние две величины связаны между собой обратно пропорциональной зависимостью: $T = 1/\nu$. Частота колебаний выражается в герцах (Гц). Единица измерения названа так в честь известного немецкого физика Генриха Герца (1857–1894). 1 Гц – это одно колебание в секунду. Примерно с такой частотой бьется человеческое сердце. Слово «херц» по-немецки означает «сердце». При желании в этом совпадении можно усмотреть некую символическую связь.

Первыми учеными, изучавшими колебания, были Галилео Галилей (1564–1642) и Христиан Гюйгенс (1629–1692). Галилей установил изохронизм (независимость периода от амплитуды) малых колебаний, наблюдая за раскачиванием люстры в соборе и отмеряя время по ударам пульса на руке. Гюйгенс изобрел первые часы с маятником (1657) и во втором издании своей монографии «Маятниковые часы» (1673) исследовал ряд проблем, связанных с движением маятника, в частности, нашел центр качания физического маятника [8].

Большой вклад в изучение колебаний внесли многие ученые: английские – У. Томсон (лорд Кельвин) и Дж. Рэлей, русские – А. С. Попов и П. Н. Лебедев, советские – А. Н. Крылов, Л. И. Мандельштам, Н. Д. Папалекси, Н. Н. Боголюбов, А. А. Андронов и другие.

Волны, наблюдаемые в природе, переносят огромную энергию. Так, например, морские волны обладающие большой мощностью, иногда становятся причиной гибели кораблей в море.

Но энергию морских волн можно было бы использовать на благо человеку, если создать устройства, позволяющие преобразовать ее в электрическую энергию. Подобные преобразователи энергии позволили бы более экономно использовать такие невозобновляемые источники энергии, как нефть, газ, каменный уголь, а, кроме того, они не загрязняли бы окружающую среду.

В природе, однако, встречаются волны, которые приносят только бедствия. Это волны, распространяющиеся в земной коре при землетрясениях. Они называются сейсмическими. При землетрясениях происходят сдвиги, вертикальные перемещения, земной коры, достигающие 10–15 м. Предотвратить землетрясения невозможно. Но важно уметь предсказывать их приближение, чтобы вовремя предупредить людей. Для этого нужно иметь прибор – сейсмограф, который способен регистрировать очень слабые сейсмические волны, предшествующие землетрясению.

Сейсмограф представляет собой прибор, действие которого подобно устройству для записи графика колебаний пружинного маятника. При колебаниях почвы возникают колебания корпуса прибора, на котором укреплен груз, висящий на пружине. Скрепленное с маятником пишущее устройство фиксирует колебания почвы на вращающемся барабане [14].

По записи колебаний почвы можно судить о начинающемся землетрясении, его силе и расстоянии до очага землетрясения.

В природе колебаний и связанных с ней проблем необходимо иметь некоторые представления о выносливости тел, об их способности выдерживать вибрации. Особое значение имеют два вида объектов, подверженных действию вибрации и иногда требующих специальной защиты – это человеческое тело и металлические детали. Вопрос о том, насколько

велика эта выносливость тел, открывает неограниченное поле для исследований.

Начнем с человеческого тела. Человеческое тело в целом может двигаться с весьма большой амплитудой, если изменения направления происходит не слишком часто. Было бы утомительно очень долго подниматься, а затем опускаться в лифте, но это было бы бесполезно.

Колебания механических систем не всегда являются вредным сопутствующим фактором. Напротив, во многих случаях они полезны и могут быть существенно важными. Например, инженер должен вытащить пробку из бутылки. Если эта пробка притерта плотно, то он будет делать то же, что любой другой: уменьшать силу трения, препятствующую движению, путем поворачивания пробки в обе стороны [3].

Преобразование колебательного движения в другие виды полезных движений широко распространено почти во всех отраслях машиностроения. Встречаются и обратные процессы, когда вращательные и другие виды движения преобразуются в машинах в колебательное движения, сообщаемые рабочим органам. Такое преобразование мы наблюдаем в ротационных печатных машинах, веялках, грохотах, сортировочных машинах.

Механические колебания широко используются при производстве трудоемких и сложных работ в строительном деле. В настоящее время производится так называемое вибрирование свежееуложенного бетона для придания ему однородности и для повышения его прочности и надежности. Виброметод используется при устройстве оснований сооружений, вытесняя старинные методы – забивку и выдергивания свай и шпунтов, уплотнение грунтов и погружение опускных колодцев. Применение вибраторов для указанных целей ускоряет сроки производства работ, удешевляет их стоимость и упрощает весь процесс работы. В горном и подземном строительстве вибрационные методы применяют для проходки шахт в плавунах, в гидротехнике и дорожном деле – для уплотнения песчаных насыпей и дорожного покрова.

Применение в шахтах отбойных молотков – ударных инструментов вибрационного типа – позволило резко повысить добычу угля и значительно облегчить труд шахтеров.

На транспорте сложными колебаниями пружин, рессор, резиновых шин и пневматиков с успехом пользуются для смягчения ударов, резких сотрясений кузова и для создания удобной и плавной езды.

Изучение законов качания маятника еще несколько сотен лет назад дало возможность создать механизм часов, позволяющий весьма точно измерять время. Некоторые свойства колебаний маятника позволили установить более точно форму Земли, убедиться в том, что Земля вращается вокруг своей оси, определить места в ее толще, где находятся скопления тяжелых пород полезных ископаемых [12].

Механические колебания имеют важное значение для приборостроения и автоматики. Прежде всего с колебаниями маятника или баланса приходится встречаться в часовых механизмах, используемых для различных целей: для непосредственного измерения времени в часах, секундомерах и т. д. В различных аэронавигационных приборах используются гироскопами, оси которых совершают колебательные движения. Колеблются грузы центробежных регуляторов скорости, имеющих самое широкое распространение. Создано большое количество разнообразных приборов, служащих для измерения величин, характеризующих переменные процессы. Таковы индикаторы для измерения давления пара и газов в двигателях, сейсмографы – приборы, служащие для измерения колебаний земной коры при землетрясениях, вибрографы для измерения качки пароходов, вибраций самолетов и машин.

Колебаниями натянутой струны пользуются для создания простого прибора, позволяющего по звучанию струны, укрепленной на детали, находящегося под нагрузкой, судить о величине усилия, возникающего в детали.

Многие полезные колебания вообще не связаны с внешним периодическим возбуждением, например, колебания в часах и метрономах. Один из способов транспортировки зерна основан на том, что его заставляют «подскакивать» на вибрирующем конвейере.

Иногда вибрацию используют в лечебной практике. Существуют, например, машины, предназначенные для удаления опухолей путем массажа. Высокочастотные вибрации также нашли себе ряд применений, часто довольно удивительных. Например, при помощи вибраций зубной врач может, если это потребуется, высверлить в зубе отверстие квадратной или треугольной формы [3].

Колебания широко используются в различных технологических процессах и машинах. Примером могут служить сортировочные машины, вибрационные конвейеры, вибролитье, виброрезанье и т. д. Значение колебаний в технике особенно возросло в связи с увеличением скорости и мощности современных машин.

Приведем теперь примеры, когда колебания оказывают *вредное действие*.

Несбалансированность машины, обусловленная смещением центра тяжести вращающихся частей с геометрической оси вращения, искривлением отдельных элементов, вращающихся частей паровых машин, газовых и паровых турбин, электрических машин и моторов: дисков, барабанов, роторов, имеющих в современных турбинах колоссальные размеры, становится источником их колебаний. При этих колебаниях часть энергии, сообщаемой машине, бесполезно растрачивается на тряску фундамента и здания. Коэффициент полезного действия машины или двигателя заметно снижается; сама машина, а также фундамент или перекрытие, на котором она установлена, сильно изнашивается. Дополнительные деформации конструкции вследствие колебаний могут достигнуть величины, при которой они становятся опасными для целостности сооружения. Наконец, такие колебания часто сопровождаются шумом, оказывают раздражающее действие на

персонал, обслуживающий машины, и в некоторых случаях становятся трудно переносимыми.

Аналогичные колебания с теми же вредными последствиями часто возникают при работе паровых машин, двигателей внутреннего сгорания, различных станков и механизмов из-за возвратно-поступательных движений поршней, шатунов и других деталей.

Причиной этих колебаний может быть также неравномерное давление пара, выхлоп газа и другие периодические повторно меняющиеся воздействия.

Следует иметь в виду, что колебания могут совершать не только двигатель, машина или станок, т. е. агрегаты в целом, но, что более опасно, и отдельные их части: коленчатые двигателей, диски и лопатки турбин, колеса редуктора, лопастей винтов парохода, клапаны, регуляторы и т. д. Подобного рода колебания, если не будут приняты меры предупреждения, могут достигнуть больших амплитуд, стать причинами расстройства работы механизмов, его поломок, а иногда и опасных аварий. Статистика показывает, что около 80% поломок и аварий в машиностроении являются результатом недопустимых колебаний.

С вредными влияниями колебаний приходится также иметь дело при обработке металлов и других материалов и изделий. При некоторых режимах резания на станках возбуждаются колебания, одинаково вредные как для самих станков, так и для обрабатываемых изделий. Если не устранить причины, обуславливающие возникновение этих колебаний, то ухудшается качество обрабатываемой поверхности и ограничивается скорость резания [16].

В строительном деле также приходится уделять много внимания различным вопросам, связанными с колебаниями. Колеблются фундаменты и покрытия, на которых установлены быстроходные машины, двигатели и станки; здания, в которых они находятся, должны быть построены таким образом, чтобы исключить возможность колебаний, опасных для нормальной работы механизмов и для целостности сооружения.

Нежелательные колебания могут возникнуть под действием воздушных потоков и завихрений в высотных зданиях, маяках, линиях, линиях электропередач, фабричных трубах и т. д. Размахи колебаний (амплитуды) верхних частей фабричных труб могут достигать 40–50 см.

В районах, подверженных землетрясениям, приходится сооружать сейсмостойкие здания, могущие противостоять без заметных повреждений колебаниям земной коры.

Исключительно важное значение имеет проблема колебаний при проектировании эксплуатации всех видов современного транспорта. Движение автомобилей и трамваев, паровозов, тепловозов и электровозов, судов, самолетов сопровождается различного рода колебаниями как всего движущегося агрегата в целом, так и отдельных его частей: колебания рессор и наддресорной части паровоза, колебания корабля, колебания крыльев, определения и других частей самолета.

Причинами колебаний на железной дороге являются периодически повторяющиеся воздействия, производимые противовесами ведущих колес паровоза, удары из-за неровности пути, из-за стыков в рельсах и неравномерного износа бандажей колес. В кораблях такие колебания могут возникать вследствие несбалансированности судовых двигателей, набегания волн, из-за неравномерного давления воды на гребные винты.

Все эти колебания существенным образом влияют как на прочность конструкции, так и на качество движения. Следует также иметь в виду и другую сторону этого вопроса. Железнодорожное полотно и мосты, по которым происходит движение машин и составов, в следствие периодических ударов сами приходят в колебательное движение, угрожающее их прочности.

Колебания могут возникать при движении жидкости в трубах, а также в гидравлических машинах, при подъеме затворов плотин и т. д. Горным инженерам приходится уделять много забот вопросам колебаний шахтных подъемов, горнорудных машин, вентиляторов и пр. [4]

Смертельной опасностью для самолетов одно время был так называемый флаттер. При некоторой заранее неизвестной скорости самолет начинало трясти и он разваливался в воздухе. Непредвиденные крайне опасные колебания возникали и при запусках ракет. Ученым удалось найти и устранить причины этих опасностей.

Таким образом, исследование колебаний иногда представляет собой весьма сложную и чрезвычайно интересную задачу. К сожалению, при этом ставки могут оказаться высокими; иногда вопрос о колебаниях может стать вопросом жизни или смерти.

Глава 2 МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ И ВОЛН В ШКОЛЕ

2.1. Анализ современного состояния изучения механических колебаний и волн в школе

Механические волны и звук рассматривается в 9 классах. Изучением механических колебаний и волн завершается раздел «Механика». Это методически оправдано, так как при первоначальном изучении колебаний и волн различной природы их целесообразно не объединять вместе, а изучать в соответствующих разделах — механические колебания и волны при изучении механики, а электромагнитные — при изучении электродинамики. При этом изучение явлений одной природы не разрывается во времени, механические колебания рассматриваются как пример применения законов классической механики, электромагнитные — как пример применения основных законов классической электродинамики. Но при этом по программе общеобразовательной средней школы изучение механических колебаний и волн оторвано во времени от электромагнитных более чем на год. Чтобы облегчить усвоение общности закономерностей колебаний и волн различной природы, обеспечить обобщение знаний, учащихся следует поставить перед необходимостью неоднократно возвращаться к уже изученному, углублять и расширять те знания о колебаниях и волнах, которые они уже получали до этого.

Изучение механических волн начинаются с формирования общих представлений о волновом движении. При этом изучение акустических явлений, т. е. распространение в механических колебаний упругой среде, способствует расширению понятия волны — от волн, непосредственно воспринимаемых визуально, до невидимых [18].

В целом раздел «Механические волны и звук» занимает большой объем учебного материала в курсе физики, и внеклассная работа только способствует лучшему усвоению и закреплению знаний учащихся.

При рассмотрении вопроса о том, как изучаются механические колебания и волны в общеобразовательной школе, сначала необходимо провести анализ современных школьных учебников по физике за 9 класс. При этом качественный аспект подачи материала авторами нами учитываться не будет.

Физика 9 класс, автор Саенко П. Г., издание 1990 года. Раздел «Механические колебания и волны» расположен в данном учебнике в 5 главе и рассматривается учителем в 4 четверти. Глава состоит из 10 параграфов. Хорошо разработан по смыслу и легко воспринимается текст, дается много понятий, для зрительного восприятия в качестве примеров присутствуют рисунки и графики. После каждого параграфа приведены примеры решения задач, также присутствуют вопросы и задачи для самостоятельного решения. В конце учебника есть лабораторные работы, способствующие закреплению знаний [27].

Физика 9 класс, авторы Перышкин А. Вю, Гутник Е.М., 8-е издание, 2004 года. В данной книге раздел «Механические колебания и волны» находится во второй главе, изучение темы проходит во второй четверти. Глава полностью посвящена механическим колебаниям и волнам и состоит из 19 параграфов, в которых темы этого раздела изложены очень подробно. После каждой изученной темы присутствуют вопросы по пройденной теме; в отличие от учебника Саенко П. Г., есть упражнения, но нет задач для решения. Так же в конце учебника есть лабораторные работы для самостоятельного выполнения [21].

Физика 9 класс, авторы Кикоин И. К., Кикоин А. К., издание 1990 года. В данном учебнике авторы, в отличие от рассмотренных выше, разделили механические колебания и волны на две главы. Данные главы помещены в конце учебника, таким образом учащиеся проходят ее в 4 четверти. Сначала идет глава 8 «Механические колебания», а затем глава 9 «Волны»; в каждой главе по 5 параграфов. Как и у вышеперечисленных авторов, присутствуют

пояснительные рисунки, графики, примеры и лабораторные работы в конце учебника. После каждого параграфа есть вопросы по пройденной теме и упражнения. К сожалению, у этих авторов, в отличие от Саенко П. Г., после параграфов нет задач для самостоятельного решения [15].

Физика 9 класс, авторы Генденштейн Л. А., Кайдалов А. Б., Кохивников В. Б., часть 1, издание 2012 года. В этом учебнике «Механические колебания и волны» изучаются в четвертой четверти, и разделены на два главы: сначала рассматривается тема «Механические колебания», а за тем – тема с «Механические волны». Текст написан очень интересно и доступно, везде выделены термины, что очень удобно для изучения. Интересным отличием этого учебника является то, что у этих авторов сначала рассмотрен соответствующий опыт, затем уже начинается изложение материала раздела. Присутствуют красочные рисунки и графики, помогающие учащимся лучше понять данную тему. После параграфов приведены очень интересные примеры решений задач как с рисунками, так и без них, а также вопросы и задания. В конце учебника, как и у всех авторов, присутствует описание лабораторных работ по данным темам. В отличие от других учебников, здесь учащимся предлагается самостоятельно проделать несложные, но очень увлекательные опыты [5].

Физика 9 класс, авторы Пурешева Н. С., Чаругин В. М., 2-е издание, 2007 год. У данных авторов тема «Механические колебания и волны» изучается во второй четверти, и рассмотрена в одной главе. Глава состоит из 5 параграфов, но, в отличие других авторов, описание лабораторных работ приведено в самой главе, а не в конце учебника. Хорошо написан текст, выделены все термины, также показаны наглядные графики и рисунки. После параграфов, как и у всех авторов, приведены вопросы задания, есть задания со звездочкой, что говорит о повышенной сложности их решения. В отличие от учебников Саенко и Генденштейна, в конце главы даны памятки для учеников в табличке с подробным объяснением [23].

Физика 9 класс, авторы Белага В. В., Ломаченков И. А., Понетбратцев Ю. А., 2011 год. В этом издании, у Пурешевой, Саенко и Громова «Механические колебания и волны» находятся во 2 главе и изучаются во второй четверти. Глава состоит из 7 параграфов, каждый параграф, как и сама книга в целом, интересно оформлен. В данном учебнике нарисованный мальчик вместе с учащимися изучает физику, попадает в разные истории, из которых учащиеся помогают ему выбраться; тем самым, помогая ему, учащиеся заинтересовываются изучением физики. В отличие от других учебников, в каждом параграфе перед изложением материала кратко описано, что ученики будут изучать, и что нужно будет вспомнить. В самих параграфах интересно изложен материал, прописаны термины, приведены интересные красочные рисунки и графики, в конце каждой темы есть вопросы для повтора. Но, к сожалению, у данного автора отсутствуют задания или задачи для решения учащимися, а так же описания лабораторных работ для закрепления изученных тем [1].

Физика 9 класс, авторы Шахмаев Н. М., Бунчук А. В., 4-е издание, 2011 год. Как и у Белага и Пурешевой, здесь «Механические колебания и волны» находятся в одной последней 10 главе и изучаются в четвертой четверти. Как и у Саенко П. Г., данная глава состоит из 10 параграфов, в которых приведен интересный для изучения материал, присутствуют примеры, рисунки, графики, термины, задачи с примерами решения, в конце каждой темы есть вопросы. Только у этого автора можно прочитать интересные факты из жизни и науки под названием «Это интересно». Как во всех учебниках, так и в этом, в конце главы приведено основное содержание пройденных тем. В конце учебника можно найти описание лабораторных работ и выполнить их в классе с учащимися для их закрепления и понимания темы [29].

Физика 9 класс, авторы Разумовский В. Г., Орлова В. А., Дик Ю. И., Никифоров Г. Г., Шилов В. Ф., издание 2003 года. Как и в учебниках Кикоиных, Генденштейна Л. А. с соавторами, тема рассматривается в двух главах. Глава «Механические колебания» содержит 9 параграфов, глава

«Волны» – 8 параграфов. Только у этих авторов после каждой главы приведены интересные домашние экспериментальные задания. В самих параграфах даны точные определения новых терминов и понятий, а также графики, рисунки, формулы для пояснения примеров. В конце каждого параграфа есть вопросы и упражнения. В конце учебника находятся описания лабораторных работ. В отличие от всех авторов, имеется домашний практикум по «Механическим колебаниям и волнам» [24].

Таблица 1 – сравнительный анализ школьных учебников по физике, 9 класс

	Саенко П. Г.	Перышкин А. В. и др.	Кикоин И. К. и др.	Генденштейн Л. А. и др.	Пурышева Н. С. и др.	Белага В. В. и др.	Шахмаев Н. М.	Разумовский В. Г. и др.
Год издания	1992	2004	1990	2012	2007	2011	2011	2003
Четверть	4	2	4	4	2	2	4	1
Глав	1	1	2	2	1	1	1	2
Параграфов	10	19	10	8	5	7	10	17
Примеры	+	+	+	+	+	+	+	+
Рисунки, поясняющие сущность явления	12	11	5	6	13	24	29	32
Графики	28	11	15	3	4	19	13	9
Задачи в разборе	+			+	+		+	
Задачи с историческим содержанием			+	+	+			
Задачи с техническим содержанием	+						+	+
Упражнения		+	+				+	+
Качественные задания			+	+	+			

Вопросы для самоконтроля	+	+	+	+	+	+	+	+
Лабораторные работы	2	2	2	2	2		2	2
Опыты для учащихся				+				
Памятка			+		+			
Интересные факты						+	+	
Домашний практикум								+

Таким образом, из таблицы 1 мы видим, что у всех авторов выделена терминология, присутствуют примеры, вопросы, рисунки и графики. У авторов Перышкина А. В. и Белага В. В. нет разбора задач в и задач для решения. У Белага В. В., в отличие от всех авторов, есть только рисунки, графики, термины и вопросы, а также у Белага В. В. и Шахмаевой Н. М. приведены интересные факты, которые учащиеся с удовольствием могут прочитать. Только у Генденштейна Л. А. есть опыты для учащихся, а у Пурышевой Н. С. в конце параграфов есть памятка, у Разумовского В. Г. разработан интересный практикум.

2.2. Методика изучения колебания и механических волн в школе

Свободные механические колебания

Изучение колебаний начинают с введения понятия о колебательном движении, которое является одним из основных в этой теме. Учащиеся уже знакомы с периодическими, т. е. повторяющимися через равные промежутки времени, движениями (например, с равномерным движением по окружности). Разновидность периодического движения – колебательное, т. е. такое движение, при котором тело перемещается от своего положения равновесия то в одну сторону, то в другую. Приводятся примеры колебательных движений и демонстрируются системы тел, в которых при определенных условиях могут существовать колебания (вертикальный и

горизонтальный пружинные маятники, груз на нити, ножовочное полотно, зажатое в тисках, и др.). На примере этих колебательных систем следует подчеркнуть то общее, что характерно для любых из них: наличие устойчивого положения равновесия, фактор инертности, обеспечивающий прохождение телом положения равновесия и, таким образом, установление колебательного движения вместо простого возвращения тела в положение равновесия, и, наконец, достаточно малое трение в системе [13].

Учащиеся убеждаются в наличии этих признаков у каждой из демонстрируемых колебательных систем. После этого можно предложить ответить на вопрос, могут ли возникнуть колебания в системах, представленных на рисунке 18, и проверить свой ответ экспериментально.

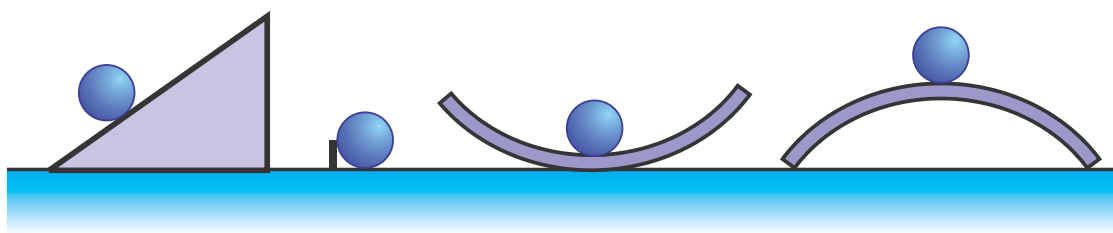


Рисунок 18 – Примеры равновесных и неравновесных систем

Вводят понятие о свободных колебаниях. Колебания, возникающие в системе, выведенной из положения равновесия и представленной самой себе, называют свободными. Если в системе отсутствует трение, то свободные колебания называют собственными; они происходят с собственной частотой, которая определяется только параметрами системы. Колебательная система, лишенная трения, – идеализация, но при малом коэффициенте затухания различие между свободными и собственными колебаниями слишком незначительно, чтобы его учитывать (при добротности системы в несколько единиц оно не превышает нескольких процентов). Поэтому в школьном преподавании физики понятия свободных и собственных колебаний не разграничивают и учащиеся знакомятся только с понятием свободных колебаний.

Одно из важнейших понятий теории колебаний – гармоническое колебание. Это понятие широко используют по двум причинам: любое периодическое негармоническое движение может быть представлено в виде суммы ряда гармонических колебаний кратных частот, причем эти последние можно выделить и наблюдать. Кроме того, существует много колебательных систем, колебания которых с большой точностью можно считать гармоническими.

Программа общеобразовательной средней школы обычно предполагала впервые ознакомить школьников с понятием гармонического колебания в последнем классе средней школы при изучении электромагнитных колебаний. Но существует реальная возможность сделать это уже при изучении механических колебаний.

При этом возможен следующий подход: используя связь равномерного движения по окружности и колебательного движения, получают закон изменения координаты гармонически колеблющегося тела со временем:

$$x = A \cos \frac{2\pi}{T} t.$$

Для этого демонстрируют на опыте, что тень от шарика, равномерно движущегося по окружности, совершает колебательное движение (рис. 19).

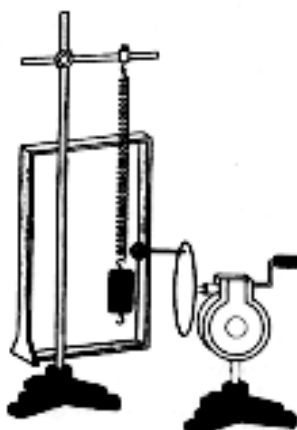


Рисунок 19 – Установка для проведения эксперимента с пружинным маятником и шариком

На установке возбуждают колебания пружинного маятника.

Убеждаются в том, что маятник совершает такие же колебания, что и тень на экране от вращающегося шарика, при этом частоту вращения шарика подбирают таким образом, чтобы колебания были синхронными [12].

Затем учащиеся самостоятельно выполняют задание: найти выражение для координаты проекции на ось x материальной точки, движущейся равномерно со скоростью \vec{v} по окружности (рис. 20).

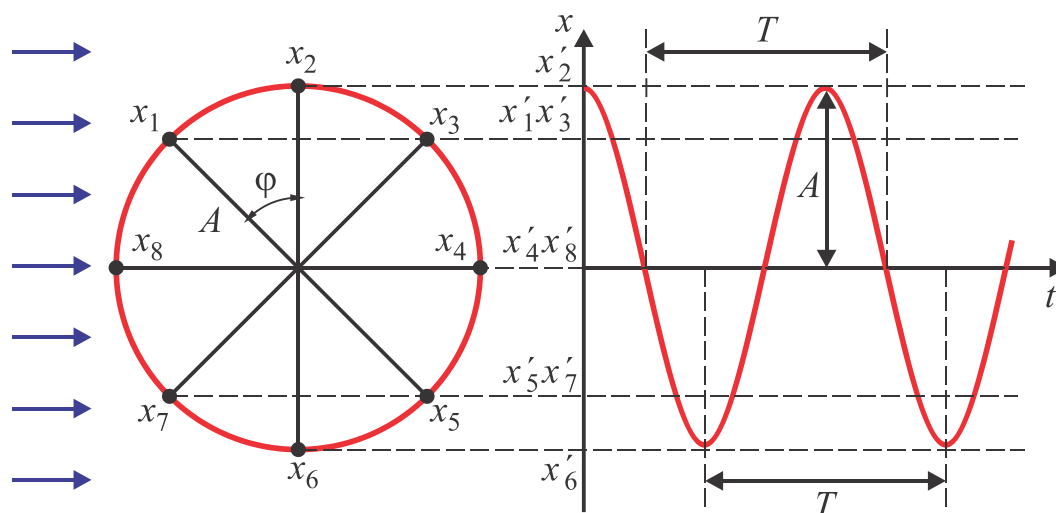


Рисунок 20 – Равномерное движение материальной точки со скоростью \vec{v} по окружности

Получают выражение $x = A \cos \frac{2\pi}{T} t$. Сообщают, что движение, в котором координата тела меняется по такому закону, называют гармоническим колебанием. Так как маятник и тень шарика на экране совершают одинаковое движение (колеблются синхронно), делаем вывод: колебания маятника могут быть описаны тем же уравнением, т. е. при определенных условиях они тоже являются гармоническими. В завершающем обучении классе при изучении электромагнитных колебаний это определение можно расширить, показав, что любая величина, изменяющаяся по такому закону, совершает гармонические колебания (например, заряд конденсатора в контуре, сила тока и напряжение в контуре и др.).

Возможен и другой подход к введению понятия о гармоническом

колебания: рассматривают динамику свободных колебаний пружинного (рис. 21а) и математического (рис. 21б) маятников под действием соответственно силы упругости и силы тяжести в отсутствие силы трения. Для каждого из этих случаев на чертеже изображают силы, действующие на маятник, и записывают уравнение движения в проекциях на ось ОХ маятника, выведенного из положения равновесия и предоставленного самому себе, из которого получают $F_x = -kx$ (для пружинного маятника) и $F_x = -\frac{mg}{l}x$ (для математического).



Рисунок 21 – Маятники: а) пружинный; б) математический.

Вводят определение: механические колебания, которые совершаются под действием силы, пропорциональной смещению и направленной к положению равновесия, называют гармоническими.

Если из динамических уравнений выразить ускорение ($a_x = -\frac{k}{m}x$ и $a_x = -\frac{g}{l}x$), то может быть дано и такое определение: движение, при котором ускорение прямо пропорционально отклонению материальной точки от положения равновесия и всегда направлено в сторону равновесия, называют гармоническим колебанием [16].

Под руководством учителя анализируют динамическое уравнение колебания маятников. Обращают внимание на общие черты этих уравнений,

их внешнее сходство – уравнения $a_x = -\frac{k}{m}x$ и $a_x = -\frac{g}{l}x$ линейны, коэффициенты при координате x постоянны и не зависят ни от самой координаты, ни от ускорения.

Следует обратить внимание школьников на то, что гармонические колебания – качественно новый вид движения, в котором ускорение непрерывно изменяется по модулю и направлению. Полезно провести анализ зависимости ускорения маятников от смещения и сравнить гармоническое колебание с уже известными учащимся видами движения – прямолинейным (равномерным и равноускоренным) и равномерным движением по окружности.

При анализе уравнения $a_x = -\frac{k}{m}x$ (или $a_x = -\frac{g}{l}x$) обращают внимание на то, что при большой деформации пружины (или большом отклонении нити маятника от положения равновесия) нарушается прямая пропорциональность между ускорением и смещением. Коэффициент $\frac{k}{m}$ (или $\frac{g}{l}$) становится зависимым от деформации пружины (или угла отклонения нити), уравнение перестает быть линейным – движение будет периодическим, но не гармоническим. Таким образом приходим к выводу: при отсутствии рассеяния энергии и достаточно малых амплитудах свободные колебания маятников являются гармоническими.

Введение основных характеристик колебательного движения – амплитуды, частоты и периода – может последовать сразу после того, как рассмотрены свободные колебания маятников и введено понятие гармонического колебания. Строго говоря, понятие частоты применимо только для гармонических колебаний, т. е. для бесконечных во времени процессов. В случае периодических процессов негармонического характера (а именно с ними чаще всего приходится встречаться) мы имеем дело не с частотой, а с целым набором (полосой) частот.

Вводят понятие амплитуды, частоты и периода колебаний, причем подчеркивают, что именно эти величины, а не смещение, скорость и ускорение колеблющейся точки в данный момент времени характеризуют колебательный процесс в целом. Для усвоения понятий амплитуды, периода и частоты колебаний необходимо предложить учащимся ряд упражнений различного характера – качественных, количественных, связанных с проведением экспериментов [6].

Формулы для периода колебаний математического и пружинного маятников не могут быть строго выведены из-за отсутствия необходимой математической подготовки учащихся. Поэтому они могут быть даны в готовом виде (с последующей экспериментальной проверкой) или выведены косвенным путем.

Например, формулу периода колебаний математического маятника можно получить, используя экспериментальный факт, установленный еще Х. Гюйгенсом: конический маятник длиной l совершает полный оборот за тот же промежуток времени, в течение которого математический маятник той же длины совершает полное колебание, т. е. за период. Перед учащимися можно поставить задачу: воспользовавшись этим опытным фактом, найти формулу периода колебания математического маятника.

Для лучшего усвоения формулы периода колебаний маятников ($T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ и $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$) ее следует проверить на опыте, показав, что от коэффициента упругости и массы груза, так же как и от ускорения свободного падения и длины нити для математического маятника, зависит собственная частота колебаний системы.

Целесообразно пояснить эти зависимости и качественно. Например, с увеличением коэффициента упругости k при том же отклонении от положения равновесия x растет по модулю упругая сила ($F = -kx$). Следовательно, увеличивается ускорение, тело быстрее проходит тот же путь, т. е. уменьшается период. Если же увеличить массу груза, то при том

же смещении та же упругая сила будет сообщать ему меньшее ускорение, период увеличится. Аналогично для математического маятника: с ростом ускорения свободного падения растет проекция на ось x силы тяжести, равная $mg\sin\varphi$ (см. рис. 4б), т. е. маятник быстрее движется, частота растет, период уменьшается. При увеличении длины нити для того же угла отклонения растет длина дуги, которую нужно пройти с тем же ускорением, т. е. замедляется движение, уменьшается частота [11].

Превращения энергии при гармонических колебаниях

Далее рассматривают энергетические превращения в колебательных системах. Выясняют, что при движении маятников происходит периодическое превращение кинетической энергии системы в потенциальную и обратно [5]. Изображают графически зависимости кинетической (E_k), потенциальной (E_p) и полной (E) энергий маятника от времени (рис. 22). Отмечают, что полная энергия колебательной системы не зависит от времени, она пропорциональна квадрату амплитуды и частоты. С этим соотношением учащимся придется встречаться при изучении волновых процессов, поэтому важно, чтобы оно было закреплено.

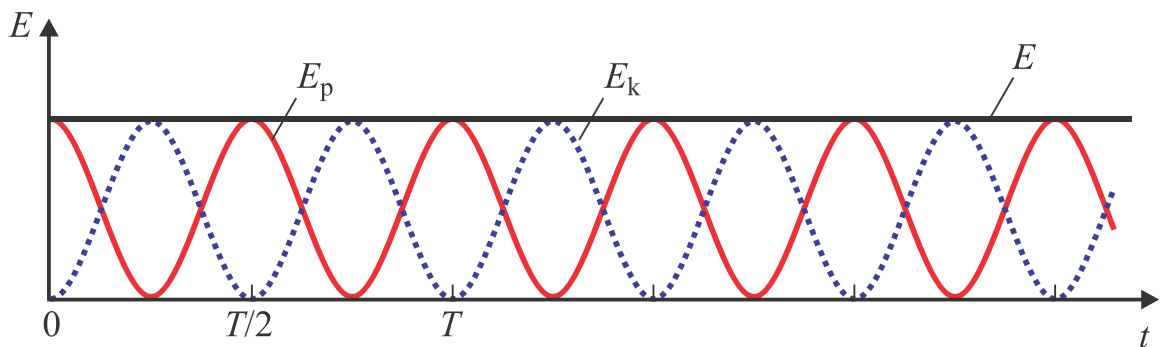


Рисунок 22 – Зависимости кинетической (E_k), потенциальной (E_p) и полной (E) энергий маятника от времени.

Следует учесть, что все выводы были сделаны для колебательной системы без трения. Так как на самом деле трение существует в любой системе, то энергия системы не остается постоянной, а убывает со временем,

убывает и амплитуда колебаний, т.е. колебательное движение перестает быть гармоническим, хотя и остается периодическим [17]. Если силы сопротивления в системе достаточно велики, движение может стать апериодичным.

С затуханием свободных колебаний в реальных колебательных системах ребята хорошо знакомы из повседневной жизни и из наблюдений за демонстрационными опытами. Полезно показать системы с различной степенью затухания, выявить причины затухания, привести примеры систем, где необходимо обеспечить быстрое затухание колебаний, и систем, где такое затухание крайне нежелательно. Примером систем с малым затуханием могут служить колокол, камертон. После выведения камертона из состояния покоя он может совершать до нескольких тысяч колебаний, т.е. достаточно долго звучать практически без затуханий, с неизменной частотой [25].

Вынужденные механические колебания

Изучение вынужденных колебаний можно начать с примеров тел (систем тел), в которых колебания происходят под действием периодической внешней силы: колебания иглы швейной машины, колебания поршня в двигателе внутреннего сгорания, различные вибрационные машины (для погружения свай в грунт, для сортировки и транспортировки, для уплотнения материала, например бетона и т.д.) Сообщают, что такие колебания называют вынужденными. Наибольший интерес представляют случаи, когда периодическая внешняя сила действует на систему, в которой могут происходить свободные колебания. Демонстрируют опыт, в котором вынужденные колебания совершаются пружинным маятником. С помощью установки с горизонтальным маятником (рис. 23) показывают существование собственных колебаний в системе и предлагают учащимся оценить собственную частоту колебаний ω_0 .

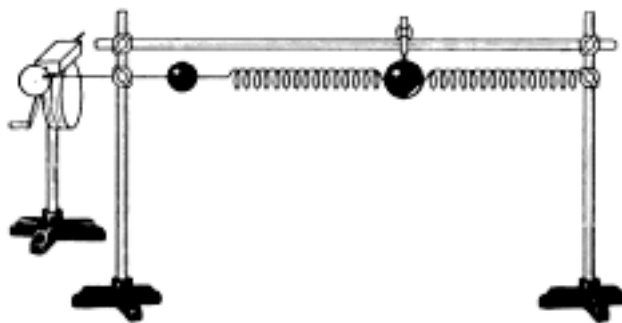


Рисунок 23 – Вынужденные колебания – горизонтальный пружинный маятник

Далее демонстрируют вынужденные колебания под действием периодической внешней силы с частотой ω , и школьники наблюдают вначале сложное движение маятника, в котором собственные колебания со временем затухают, а затем в установившемся движении маятник совершает уже только вынужденные колебания с частотой ω . Показывают, что при частоте внешней силы, превышающей собственную частоту ω_0 системы, установившиеся колебания маятника также происходят с частотой ω . Таким образом, вынужденные колебания под действием периодической внешней силы совершаются с частотой этой силы. Можно предложить школьникам провести сравнение свободных и вынужденных колебаний в одной и той же системе, объяснить, почему вынужденные колебания не затухают.

Наибольший интерес при изучении вынужденных колебаний представляет явление резонанса. На той же установке (рис. 23) наблюдают резкое возрастание амплитуды вынужденных колебаний в случае, когда частота вынуждающей силы приближается к собственной частоте колебаний ω_0 системы. Такое возрастание амплитуды при совпадении собственной частоты колебаний и частоты вынуждающей силы называют резонансом.

Если на той же установке продолжать и дальше увеличивать частоту вынуждающей силы, то можно показать, что амплитуда вынужденных колебаний начинает уменьшаться – при очень высоких частотах из-за инертности системы она может стать очень малой.

Необходимо остановиться на причинах резкого возрастания амплитуды

при резонансе. На той же установке можно показать, что при резонансе сила и смещение в любой момент времени совпадают по направлению. Это означает, что вынуждающая сила в течение периода совершает максимальную положительную работу, так как, совпадая по направлению со смещением тела, она все время «подталкивает» его, наиболее сильно раскачивая систему. Энергия источника расходуется на преодоление сопротивления и увеличение амплитуды. Но с ростом амплитуды колебаний возрастает сила сопротивления, поэтому всё большая часть энергии расходуется на ее преодоление. При резонансе амплитуда достигает такого значения, что энергия, которая продолжает поступать от источника в систему, целиком расходуется на преодоление сопротивления. Таким образом, амплитуда при резонансе зависит от значения сопротивления в системе [26].

Резонанс можно демонстрировать с помощью метронома и нитяного маятника (рис. 24). Нитяной маятник нитью соединяют с маятником метронома. На опыте наблюдают, что при совпадении собственной частоты колебаний нитяного маятника и маятника метронома амплитуда колебаний нитяного маятника максимальна.

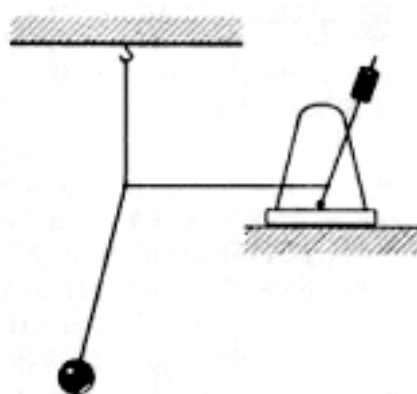


Рисунок 24 – Метроном и нитяной маятник

Особое внимание следует уделить учету и использованию резонансных явлений в жизни. Приводят примеры вредного влияния резонанса

(разрушение опор под неуравновешенными конструкциями, например, под плохо центрированным двигателем, при работе которого в опорах возбуждаются вынужденные колебания, и др.), указывают основные пути предотвращения резонанса – изменение собственной частоты колебаний системы и использование демпферов – гасителей колебаний.

Механические волны

Изучение механических волн начинают с формирования общих представлений о волновом движении. Состояние колебательного движения передается от одного колеблющегося тела к другому при наличии связи между ними. Это демонстрируют сначала на двух связанных маятниках (рис. 25), затем на связанных между собой колебательных системах разной конструкции (рис. 26).

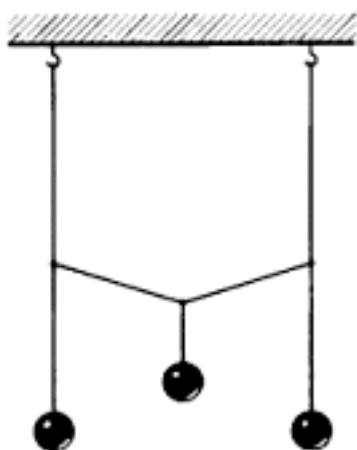


Рисунок 25 – Два связанных маятника

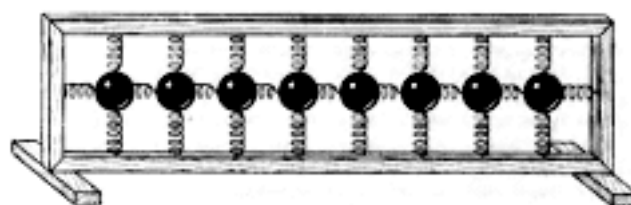


Рисунок 26 – Связанные между собой колебательные системы

Природа связи может быть различной. Для приведенных конструкций она является упругой – колебания передаются от одного маятника к другому благодаря силам упругости. Школьникам из базового курса физики известно, что между частицами твердого тела, жидкости, газа действуют силы упругости. Распространение волн в среде демонстрируют на цепочке шариков, связанных друг с другом пружинами, или цепочке маятников на бифилярных подвесах, также соединенных пружинами. На первой модели

удобнее демонстрировать распространение продольных волн, на второй распространение как продольных, так и поперечных волн.

Ребятам показывают, что если на первый шарик подействовать периодической внешней силой, направленной вдоль цепочки, то в колебательное движение придут и все последующие шарики с той же частотой вдоль той же прямой, но колебание каждого из них будет запаздывать по сравнению с колебанием предыдущего шарика. Таким образом можно смоделировать распространение продольных упругих волн, при этом школьники наглядно видят, что распространение продольной волны в среде сопровождается образованием сгущений и разрежений вдоль направления ее распространения. Аналогично показывают образование поперечной волны на цепочке связанных нитями маятников. После чего можно выделить характерные черты волнового движения – в пространстве происходит передача энергии, сами же колеблющиеся частицы не перемещаются, переноса вещества в волне не происходит [20].

Поперечные и продольные волны демонстрируют и с помощью волновой машины, но делать это целесообразнее после того, как будут показаны описанные выше опыты, так как на этой машине труднее наглядно раскрыть механизм образования волн. Волновой машиной лучше воспользоваться при закреплении материала или введении понятия длины волны.

Возникновение волн на воде связано с действием силы поверхностного натяжения и силы тяжести, но отказываться от их рассмотрения ввиду особой их природы не следует, так как основные свойства волн более наглядно можно продемонстрировать именно на этих волнах с помощью волновой ванны.

При изучении упругих волн учащиеся получают первоначальное представление о скорости распространения волн.

Известно, что в волновом движении различают скорость распространения волнового фронта (волновой поверхности) в среде, т. е. фазовую скорость, и скорость переноса энергии (перемещения волнового

пакета), т. е. групповую скорость. Для упругих волн фазовая скорость распространения в жидких, твердых и газообразных средах в очень широком интервале частот остается постоянной. Групповая скорость совпадает с фазовой, поэтому в средней школе нет необходимости рассматривать понятие групповой скорости [9]. Таким образом, при изучении волнового движения школьники встречаются с понятием скорости распространения волны, под которым подразумевается фазовая скорость, т. е. скорость перемещения гребня или впадины – в поперечной волне и сгущений или разрежений в продольной (понятие волновой поверхности не рассматривают, так как пока отсутствует понятие фазы).

Итак, скорость волны зависит от свойств среды и не зависит от частоты. Так как обычно рассматривают волны, в которых амплитуда колебаний невелика, то скорость волны можно считать не зависящей от амплитуды.

После того, как учащиеся ознакомились с образованием продольных и поперечных волн и со скоростью волны, можно ввести еще одно важное для волнового движения понятие – длину волны.

Длина волны – это расстояние между двумя ближайшими точками, одновременно проходящими положение равновесия и движущимися в одну сторону. Следует пояснить далее, что точки, удаленные друг от друга на расстояние $n\lambda$ (где n – целое число), колеблются одинаково.

Как показывает практика преподавания, большие затруднения при изучении волновых процессов вызывает вопрос о периодичности волны – во времени и в пространстве. При изучении колебаний учащиеся узнали о периодичности во времени физических величин, описывающих колебательный процесс, познакомились с графиком зависимости координаты колеблющейся точки от времени. При рассмотрении упругих волн они встречаются с графиками, которые внешне похожи на последние, – это график зависимости смещения (координаты) колеблющихся точек от их расстояния до источника волн (рис. 27) для фиксированного момента

времени и график зависимости смещения (координаты) от времени (рис. 28) для фиксированной точки среды в волновом процессе.

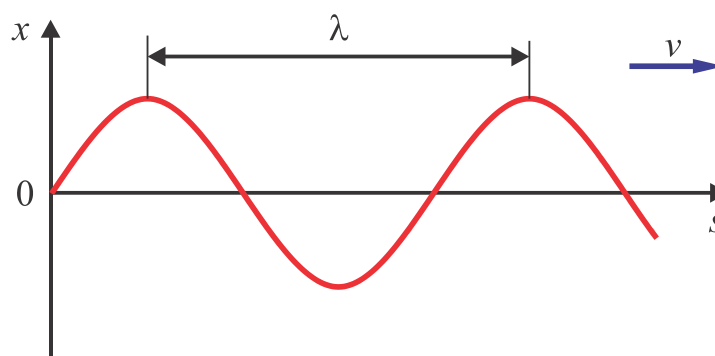


Рисунок 27 – График зависимости смещения (координаты) колеблющихся точек от их расстояния до источника волн

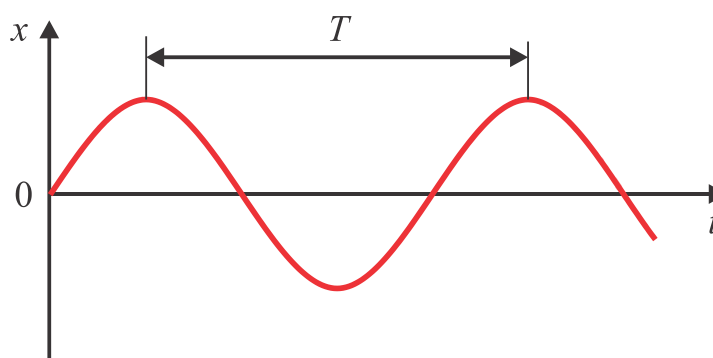


Рисунок 28 – График зависимости смещения (координаты) колеблющихся точек от времени

Поскольку уравнение бегущей волны в школе не изучают, то такое важнейшее свойство волн, как периодичность во времени и в пространстве, можно раскрыть с помощью эксперимента и графических построений [7].

2.3. Методика решения задач

Раздел курса физики 9 класса «Механические колебания и волны» предполагает использование задач для формирования понятий и законов. Задачи подобраны таким образом, чтобы учащиеся в процессе их решения усваивали пройденный материал.

В процессе решения учащиеся усваивают понятия: механическое колебание, маятник, гармонические колебания, амплитуда колебаний и период колебаний, скорость распространения волны, рассматривали процесс преобразования одних колебаний вида движения в другие, виды волн и их свойства.

При формировании понятия «Механических колебаний и волн» важно в процессе решения задач уточнить признаки их различных видов. Для этих целей используются качественные задачи с вариантами ответов. Примеры таких задач представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Качественные задачи с вариантами ответов

Содержание задачи	Вариант ответов
1. Как изменится период колебаний маятника, если его перевести из воздуха в воду или вязкое масло?	а) Увеличится; б) Уменьшится; в) Будет в состоянии покоя.
2. Как будут идти часы с секундным маятником, установленным для Москвы, на полюсе и на экваторе?	а) На полюсе часы будут отставать, на экваторе - спешить; б) На полюсе часы будут спешить, на экваторе – отставать; в) На полюсе и на экваторе будет одно время.
3. Для чего все вибрирующие установки высотных зданий ставятся на специальные резиновые или металлические амортизаторы?	а) Чтобы было устойчивее здание; б) Чтобы каркас здания был под вибрацией; в) Чтобы исключить передачу вибраций каркасу здания.
4. Морские волны, приближаясь к берегу, увеличивают высоту, достигая иногда 43 м. почему это происходит?	а) У берегов энергия колебаний толстых слоев воды передается более тонким слоям, поэтому амплитуда колебаний уменьшится; б) У берегов энергия колебаний толстых слоев воды передается более тонким слоям, поэтому амплитуда колебаний

	увеличится; с) У берегов энергия колебаний тонких слоев воды передается более толстым слоям, поэтому амплитуда колебаний увеличится.
5. Могут ли сваи, имеющие диаметр 30 – 40 см, вбитые в дно перед берегом на расстоянии 2 – 3 м друг от друга, ослабить набегающие на берег волны?	а) Могут, так как размеры их значительно меньше длины набегающих волн; б) Всегда могут, так как размеры их значительно больше длины набегающих волн; с) Не могут, так как размеры их значительно меньше длины набегающих волн.

Решение задач по механическим колебаниям на уроках по физики в 9 классе. Лучше всего задачи нужно начинать решать по структуре [16].

Структура решений задач по механическим колебаниям и волнам:

1. Прочитать задачу, выделить механическое движение.
2. Кратко записать условие и требование задачи.
3. Выявить тело, совершающее некоторые действие.
4. Записать закон колебательного движения, гармонического колебания для заданной ситуации.
5. Сделать чертеж к задачи.
6. Решить задачу с помощью формул.
7. Произвести вычисления.
8. Выяснить смысл полученного решения, оценить значение.

Задача 1. Амплитуда колебаний точки струны 1 мм, частота 1 кГц. Какой путь пройдет точка за 0,2 с? В этой и следующих задачах колебания считать незатухающими.

Дано:

$$S = 4an; n = vt$$

$$A = 1 \text{ мм} = 10^{-3} \text{ м}$$

$$\nu = 1 \text{ кГц} = 10^3 \text{ Гц}$$

$$t = 0,2 \text{ с}$$

Найти:

$$s = ?$$

$$S = 4ant =$$

$$= 4 \times 10^{-3} \text{ м} \times 10^3 \text{ Гц} \times 0,2 \text{ с} = 0,8 \text{ м}$$

Ответ: $s = 0,8 \text{ м}$.

Задача 2. Вычислите частоту свободных колебаний маятника, у которого нить имеет длину 1 м. сколько времени будут длиться 10 колебаний этого маятника?

Дано:

$$l = 1 \text{ м}$$

$$n = 10$$

Найти:

$$t=? \nu=?$$

Решение:

$$t = n \times T, \text{ где } T - \text{ период колебания.}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} = 2 \times 3.14 \times \sqrt{\frac{1 \text{ м}}{10 \text{ м/с}^2}} \approx 2 \text{ с}$$

$$\nu = \frac{1}{T} = 0.5 \text{ Гц,}$$

$$t = T \times 10 = 20 \text{ с}$$

Ответ: $\nu = 0.5 \text{ Гц}, t = 20 \text{ с}$.

Задача 3. Амплитуда колебаний маятника равна 4 см. Какой путь проходит маятник за время, равное 3 периодам колебаний?

Дано:

$$A = 4 \text{ см;}$$

$$t = 3T$$

Найти:

$$S = ?$$

Решение:

За один период колебаний совершается одно полное колебание. Пройденный путь при этом: $S_1 = 4A$.

$$\text{Если } t = 3T, S = 4 \times A \times 3 = 12A;$$

$$S = 12 \times 4 \text{ см} = 48 \text{ см.}$$

Ответ: $S = 48 \text{ см}$.

Задача 4. Чему равна частота свободных колебаний груза на пружине, если масса груза 0,1 кг, а жесткость пружины 10 Н/м? Сколько времени будут длиться 20 колебаний этого маятника?

Дано:

$$m = 0,1 \text{ кг};$$

$$k = 10 \text{ Н/м};$$

$$n = 20$$

Найти:

$$v = ?$$

$$t = ?$$

Решение:

$$v = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{m}{k}} = \frac{1}{2 \times 3.14} \times \sqrt{\frac{10 \text{ Н/м}}{0.1 \text{ кг}}} = 1.6 \text{ Гц}$$

$$t = nT = \frac{n}{v} = \frac{20}{1.6 \text{ Гц}} \approx 12.5 \text{ с}$$

Ответ: $v = 1,6 \text{ Гц}$; $t = 12,5 \text{ с}$.

Задача 5. На озере в безветренную погоду с лодки бросили тяжелый якорь. От места бросания якоря пошли волны. Человек, стоящий на берегу, заметил, что волна дошла до него через 50 с, расстояние между соседними гребнями волн 0,5 м, а за 5 с было 20 всплесков о берег. Как далеко от берега находилась лодка?

Дано:

$$T = 50 \text{ с};$$

$$\lambda = 0,5 \text{ м};$$

$$t = 5 \text{ с};$$

$$n = 20$$

Найти:

$$l = ?$$

Решение:

$$v = \frac{n\lambda}{t},$$

$$l = vT = n \frac{T}{t} \lambda = 20 \times \frac{50 \text{ с}}{5 \text{ с}} \times 0.5 \text{ м} = 100 \text{ м}$$

Ответ: $l = 100 \text{ м}$.

Задача 6. Лодка качается на волнах, распространяющихся со скоростью 4 м/с, и за 10 с совершает 20 колебаний. Каково расстояние между соседними гребнями волн?

Дано:

$$v = 4 \text{ м/с}$$

$$t = 10 \text{ с}$$

$$N = 20 \text{ к}$$

Решение:

$$T = \frac{t}{N} = \frac{10 \text{ с}}{20} = 0.5 \text{ с}$$

$$\lambda = vT = 4 \times 0.5 = 2 \text{ м}$$

Найти:

$\lambda = ?$

Ответ: $\lambda = 2$ м.

Таким образом, решения тестовых и текстовых задач помогают школьникам лучше усвоить и понять материал по механическим колебаниям и волнам. Так как у учащихся возможны некоторые затруднения с пониманием материала, задачи помогают полнее раскрыть его суть. Поэтому решению задач со школьниками нужно уделять больше внимания.

2.4. Лабораторные работы

Лабораторная работа № 1.

Изучение зависимости периода колебаний нитяного маятника от длины нити.

Рассмотрим колебания нитяного маятника, т. е. небольшого тела (например, шарика), подвешенного на нити, длина которой значительно превышает размеры самого тела. Если шарик отклонить от положения равновесия и отпустить, он начнет колебаться. Сначала маятник движется с нарастающей скоростью вниз. В положении равновесия скорость шарика не равна нулю, и он по инерции движется вверх. По достижении наивысшего положения шарик снова начинает двигаться вниз. Это – свободные колебания маятника.

Свободные колебания – это колебания, которые возникают в системе под действием внутренних сил, после того, как система была выведена из положения устойчивого равновесия.

Колебательное движение характеризуют амплитудой, периодом и частотой колебаний.

Амплитуда колебаний – это наибольшее смещение колеблющегося тела от положения равновесия. Обозначается A . Единица измерения – метр [1 м].

Период колебаний – это время, за которое тело совершает одно полное колебание. Обозначается T . Единица измерения – секунда [1 с].

Частота колебаний – это число колебаний, совершаемых за единицу времени. Обозначается ν . Единица измерения – герц [1 Гц].

Тело, подвешенное на невесомой нерастяжимой нити называют **математическим маятником** (рис. 29).

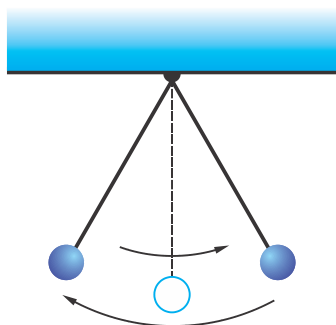


Рисунок 29 – Математический маятник

Период колебаний математического маятника определяется формулой:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}, \text{ где } l \text{ – длина подвеса, } g \text{ – ускорение свободного падения.}$$

Период колебаний математического маятника зависит:

1) от длины нити. Период колебаний математического маятника пропорционален корню квадратному из длины нити, $T \propto \sqrt{l}$. Например, при уменьшении длины нити в 4 раза период уменьшается в 2 раза; при уменьшении длины нити в 9 раз период уменьшается в 3 раза.

2) от ускорения свободного падения той местности, где происходят колебания. Период колебаний математического маятника обратно пропорционален корню квадратному из ускорения свободного падения,

$$T \propto \sqrt{\frac{1}{g}}.$$

Тело, подвешенное на пружине, называют **пружинным маятником** (рис. 30).

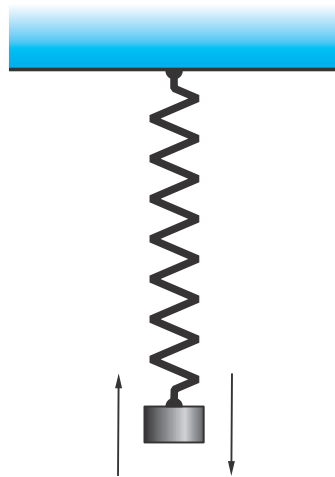


Рисунок 30 – Пружинный маятник

Период колебаний пружинного маятника определяется формулой:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}, \text{ где } m \text{ – масса тела, } k \text{ – жесткость пружины.}$$

Период колебаний пружинного маятника зависит:

1) от массы тела. Период колебаний пружинного маятника пропорционален корню квадратному из массы тела $T \propto \sqrt{m}$.

2) от жесткости пружины. Период колебаний пружинного маятника обратно пропорционален корню квадратному из жесткости пружины $T \propto \sqrt{\frac{1}{k}}$.

В работе мы исследуем колебания математического маятника. Из формулы $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ следует, что период колебаний изменится вдвое при изменении длины подвеса в четыре раза.

Это следствие и проверяют в работе. Поочередно испытывают два маятника, длины подвесов которых отличаются в четыре раза. Каждый из маятников приводят в движение и измеряют время, за которое он совершит определённое количество колебаний. Чтобы уменьшить влияние побочных факторов, опыт с каждым маятником проводят несколько раз и находят среднее значение времени, затраченное маятником на совершение заданного числа колебаний. Затем вычисляют периоды маятников и находят их отношение.

Выполнение работы

1. Подготовьте таблицу 3 для записи результатов измерений и вычислений:

Таблица 3 – Запись результатов вычислений для двух маятников

l, m	№ опыта	N	t, c	t_{cp}, c	T, c	$\nu, Гц$
$l_1 =$	1	30				
	2	30				
	3	30				
$l_2 =$	1	30				
	2	30				
	3	30				

2. Закрепите перекладину в муфте у верхнего края стержня штатива. Штатив разместите на столе так, чтобы конец перекладины выступал за край поверхности стола. Подвесьте к перекладине с помощью нити один груз из набора. Расстояние от точки повеса до центра груза должно быть 25–30 см (рис. 31).

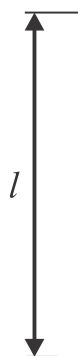


Рисунок 31 – Установка маятника с грузом

3. Подготовьте электронный секундомер к работе в ручном режиме.

4. Отклоните груз на 5–6 см от положения равновесия и замерьте время, за которое груз совершит 30 полных колебаний (при отклонении груза следите, чтобы угол отклонения не был велик).

5. Повторите измерение 3–4 раза и определите среднее время $t_{cp1} = (t_1 + t_2 + t_3 + t_4)/4$
6. Вычислите период колебания груза с длиной подвеса 25–30 см по формуле $T = t_{cp1}/30$.
7. Увеличьте длину подвеса в четыре раза.
8. Повторите серию опытов с маятником новой длины и вычислите его период колебаний по формуле $T = t_{cp2}/30$.
9. Вычислите частоты колебаний для обоих маятников по формулам:

$$v_1 = \frac{N}{t_{cp1}}, v_2 = \frac{N}{t_{cp2}}.$$
10. Сравните периоды колебаний двух маятников, длины которых отличались в четыре раза, и сделайте вывод относительно справедливости формулы $T \propto \sqrt{l}$. Укажите возможные причины расхождения результатов [10]

Лабораторная работа № 2.

Определение скорости распространения волн на поверхности воды.

Ход работы:

1. Поставьте сосуд на стол и налейте воду.
2. Опустите с одной стороны сосуда поплавок, а с другой – бросьте маленький шарик.
3. Измерьте время распространения волнового возмущения до поплавка.
4. Прделайте такой опыт несколько раз и определите среднее значение времени распространения волны на расстояние l .
5. Вычислите скорость распространения волны.
6. Результаты измерений занесите в таблицу 4.

Таблица 4 – Результаты измерений распространения волн на поверхности воды

№	Время t , с	Среднее значение времени t_{cp} , с	Дальность распространения
---	---------------	---------------------------------------	---------------------------

			ВОЛНЫ l , м
1			
2			
3			

7. Оцените погрешность измерения скорости.

2.5. Демонстрационный эксперимент

Опыт 1. Частота свободных колебаний

Оборудование: батарея, ключ, магнитная катушка (электромагнит), нить, шарик из чугуна и шарик из пенопласта, проводники, штатив.

Следует вывести математически формулу для определения периода (частоты) свободных колебаний и проиллюстрировать ее справедливость на опыте.

При выводе формулы периода колебаний маятника напоминают, что максимальное значение потенциальной энергии равно максимальному значению кинетической энергии маятника:

$$E_p = E_k \text{ или } mgH_m = \frac{mv^2}{2}$$

Учащимся уже известно, что $v_m = \omega x_m$. Максимальную высоту подъема H_m находим из подобия треугольников BCO и ABD (рис. 32):

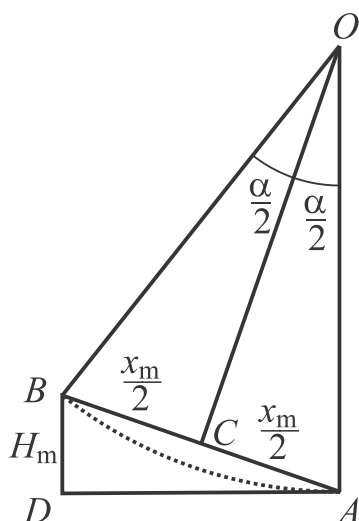


Рисунок 32 – Схема нахождения максимальной высоты подъема

$$\frac{H_m}{x_m} = \frac{x_m/2}{l}, \text{ откуда } H_m = \frac{x_m^2}{2l}.$$

Подставляя значения v_m и H_m в выражения для кинетической и потенциальной энергии, получаем:

$$mg \frac{x_m^2}{2l} = \frac{m\omega^2}{2},$$
$$\omega^2 = \frac{g}{l}, \quad \omega = \sqrt{\frac{g}{l}}.$$

Так как $\omega = \frac{2\pi}{T}$ то $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$.

Справедливость полученной формулы иллюстрируют опытом.

Два маятника одинаковой длины, но различной массы отводят с помощью дощечки на одинаковые углы и одновременно отпускают.

Маятники колеблются с одинаковой частотой, что свидетельствует о независимости частоты колебаний от массы маятника. Для демонстрации этого опыта удобны маятники одинакового объема, но изготовленные из разных материалов, например, один – из чугуна, а другой – из пенопласта.

Оставив маятник с малой массой, изменяют длину массивного маятника и измеряют изменения частоты колебаний.

Для демонстрации зависимости частоты от ускорения свободного падения располагаются под маятником электромагнит (рис. 33):

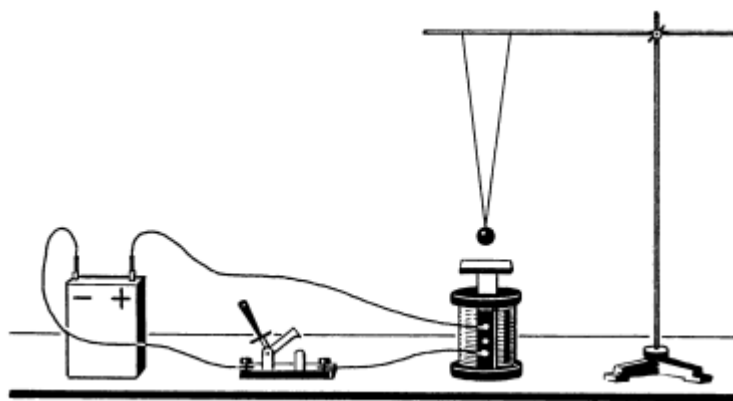


Рисунок 33 – демонстрация зависимости частоты от ускорения свободного падения

Отводя маятник в сторону и затем одновременно включают секундомер и отпускают маятник. Отсчитывая 10–20 колебаний и, заметив время, определяют частоту колебаний ν_1 . Повторяют опыт с включенным электромагнитом и вновь определяют частоту ν_2 , которая оказывается больше частоты колебания ν_1 .

Для успеха опыта важно, чтобы амплитуда колебаний была небольшой [30].

Опыт 2. Волны на поверхности воды

Оборудование: Вода (кипяченая), вибратор, волновая ванна, лампа (источник света), универсальный штатив, ткань (стекловолокно), зеркало плоское, калька, деревянные палочки диаметром 10 мм.

Для успешного осуществления опыта с волновой ванной нужно следовать следующим условиям:

1. Вибратор должен работать стабильно со строго постоянной частотой колебаний, которую можно было плавно регулировать в пределах от 1 до 10 Гц. Амплитуда колебаний должна быть при работе с плоской насадкой в пределах от 0,5 до 1 мм, с точеной насадкой от 2 до 3 мм. Насадки при работе не должны полностью входить в жидкость.
2. В качестве жидкости можно использовать хорошо прокипяченную воду глубиной от 2–3 до 7–8 мм.

3. Насадка для возбуждения плоских волн должна быть лишь на 1–2 мм меньше ширины ванны. В этом случае фронт возбуждаемых волн получается плоским и снижается влияние краевых эффектов. Кроме того, исключается влияние заднего фронта волны после ее отражения от бортика ванны. Насадку для возбуждения кольцевых волн лучше всего изготовить в виде цилиндра диаметром 1–2 мм.
4. Источник света должен быть близок к точечному.
5. Четкость демонстрируемых явлений увеличивается, если сверху на ванну помещается прямоугольная рамка, прикрывающая края рамки.
6. Ванна должна быть установлена строго горизонтально. При таком ее положении плоские волны не испытывают деформации, строго параллельны вибратору и практически не затухают.
7. Вибратор лучше поместить в подставке от универсального штатива, а не крепить к ванне.

Демонстрация волн на поверхности собирается по схеме (рис. 34):

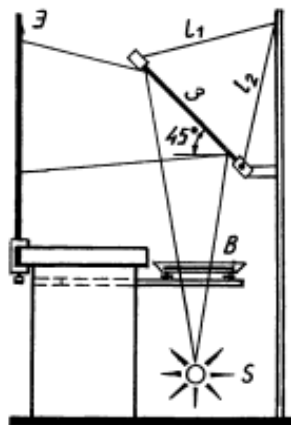


Рисунок 34 – Схема демонстрация волн на поверхности

Волновую ванну устанавливают на выдвинутые из стола бруска. Световой поток от осветителя S , пройдя через ванну, падает на плоское зеркало $Э$, установленное под углом 45° к горизонту, и отражается на просветный экран.

Экран изготовлен таким образом. Концы полотнища кальки длиной примерно 2 м прикрепляются к двум деревянным палочкам диаметром 10 мм.

После того как засохнет клей, кальку наматывают в 3–4 слоя на палочки. Образовавшийся «транспарант» вставляют в трубки от универсального штатива, повернутые к демонстрационному столу, и закрепляют. Освободив одну из трубок, затягивают нижний конец экрана, а затем натягивают верхний конец экрана с помощью распорки.

Демонстрацию нужно проводить в непрозрачной ванночке. В этом случае можно положить ткань из стекловолокна. На ткань кладется зеркало, по верх которого наливается вода (рис. 35).

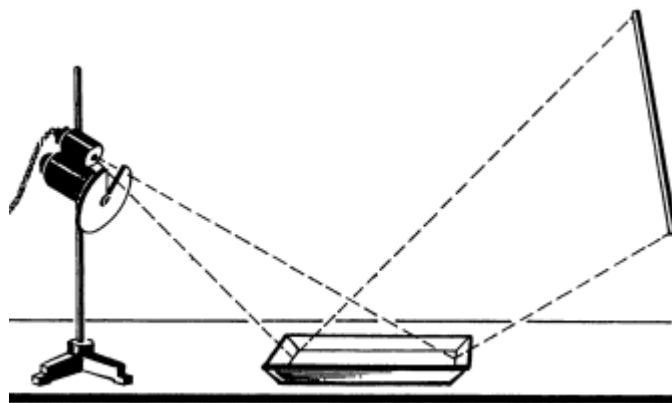


Рисунок 35 – демонстрация проводится в непрозрачной ванночке

Ванна освещается точечным источником света, расположенный спереди ванны на высоте 50–60 см над демонстрационным столом. Передвигая осветитель, добиваются, чтобы на наклонном экране получалось изображение освещенного дна ванны с минимальными искажениями.

При демонстрации объясняют схему установки и, включив источник света, возбуждают карандашом одиночный цуг волн. Затем включают вибратор и наблюдают картину бегущих волн [30].

Проведенные наблюдения позволяют ввести понятия фронта волны, луча и фазовой скорости волны, которую определяют как скорость перемещения фазы в направлении, перпендикулярном фронту волны.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе был проведен научно-методический анализ механических колебаний и механических волн, основных понятий и определений по данной теме.

Были изучены программы и школьные учебники, рассмотрена методика изучения колебаний и волн в механике, выявлена значимость механических колебаний и волн при изучении физики.

Выводы в данной работе сделаны на основе проработки многих источников учебной и учебно-методической литературы.

Была рассмотрена методика решения задач по данной теме, приведены лабораторные работы и демонстрационный эксперименты.

В работе использовались такие методы исследования, как изучение научно-методической литературы, анализ школьных учебников, беседа с учителями и преподавателями с целью выявления типичных ошибок допускаемых учащимися при решении задач по исследуемой теме.

Поставленные в работе цели и задачи были достигнуты.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Белага, В. В. Физика : 9 класс учеб. для общеобразоват. Учреждений / В. В. Белага, И. А. Ломаченкова, Ю. А. Панетбратцев. – Москва : Просвещение, 2011. – 176 с.
2. Бидерман, В. Л. Теория механических колебаний / В. Л. Бидерман. – Москва : Регулярная и хаотическая динамика, 2009. – 416 с.
3. Бишоп, Р. Е. Колебания / Р. Е. Бишоп. – Москва : Наука, 1968. – 161 с.
4. Вайнберг, Д. В. Механические колебания и их роль в технике / Д. В. Вайнберг, Г. С. Писареко. – Москва : Наука, 1965. – 275 с.
5. Генденштейн, Л. Э. физика. 9 класс : Учебник для общеобразовт. Учреждений / Л. Э. Генденштейн, А. Б. Кайдалов, В. Б. Кожевников ; под ред. В. А. Орлова, И. И. Ройзена. – 4-е изд., стер. – Москва : Мнемозина. 2012. – 272 с.
6. Громов, С. В. Физика : Учеб. Для 9 класс : общеобразоват. Учреждений / С. В. Громов, Н. А. Родина. – 4-е изд. – Москва : Просвещение, 2003. – 160 с.
7. Демидченко, В. И. Физика / В. И. Демидченко. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2012. – 576 с.
8. Диевский, В. А. Теоретическая механика. Сборник заданий / В. А. Диевский, И. А. Малышева. – Москва : 2007. – 192 с.
9. Дубнищев, Ю. Н. Колебания и волны / Ю. Н. Дубнищев. – Санкт-Петербург : Лань, 2011. – 384 с.
10. Дубровская, Н. И. Кулинария. Лабораторный практикум / Н. И. Дубровская. – Москва : Академия, 2011. – 240 с.
11. Кабисов, К. С. Колебания и волновые процессы. Теория. Задачи с решениями / К. С. Кабисов, Т. Ф. Камалов, В. А. Лурье. – Москва : Либроком, 2014. – 360 с.

12. Каганов, В. И. Колебания и волны в природе и технике. Компьютеризированный курс. Учебное пособие / В. И. Каганов. – Москва : Дрофа, 2015. – 336 с.
13. Каменецкий, С. Е. Теория и методика обучения физике в школе : Частные вопросы : Учеб. пособие для студ. пед. вузов / С. Е. Каменецкий, Н. С. Пурышева, Т. И. Носова и др.; Под ред. С. Е. Каменецкого. – Москва : Издательский центр «Академия», 2000.
14. Кикоин, А. К. Механические колебания и волны : Вкладыш к учеб. физики для 8 класса средней школы / А. К. Кикоин, С. Я. Шамаш, Э. Е. Эвенчик. – Москва : Просвещение, 1986. – 32 с.
15. Кикоин, И. К. Физика: Учеб. Для 9 класс сред. Шк. / И. К. Кикоин, А. К. Кикоин. - Москва : Просвещение, 1990. – 191 с.
16. Кузнецов, С. И. Курс физики с примерами решения задач. Часть 2. Электричество и магнетизм. Колебания и волны. Учебное пособие / С. И. Кузнецов. – Санкт-Петербург : Лань, 2015. – 416 с.
17. Кузнецов, С. И. Физика. Механика. Механические колебания и волны. Молекулярная физика. Термодинамика. Учебное пособие / С. И. Кузнецов. – Москва : Вузовский учебник, Инфра-М, 2014. – 256 с.
18. Ланге, В. Н. Физические парадоксы, софизмы и занимательные задачи. Электричество и магнетизм. Колебания и волны. Оптика. Теория относительности. Атомная и ядерная физика / В. Н. Ланге. – Москва : Либроком, 2014. – 232 с.
19. Орехов, В. П. Колебания и волны в курсе физики средней школы. Пособие для учителей / В. П. Орехов. – Москва : Просвещение, 1977. – 175 с.
20. Панов, Я. Г. Введение в теорию механических колебаний / Я. Г. Паев. – Москва : Наука, 1971. – 240 с.
21. Перышкин, А. В. Физика. 9 класс : Учебник для общеобразоват. учреждений / А. В. Перышкин, Е. М. Гутник. – 8-е изд. – Москва : Дрофа, 2004. – 256 с.

22. Прохоров, А. М. Физика. Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. А. М. Прохоров. – 4-е изд. – Москва : Большая Российская энциклопедия, 1999. – С. 293–295.
23. Пурьшева, Н. С. Физика. 9 класс : учебник для общеобразоват. учреждений / Н. С. Пурьшева, Н. Е. Важеевская, В. М. Чаругин. – 2-е изд., стереотип. – Москва : Дрофа, 2007. – 285 с.
24. Разумовский, В. Г. Физика : 9 класс учеб. для общеобразоват. Учреждений / В.Г. Разумовский, А.А. Пинский, А.И. Бугаев. – Москва : Просвещение, 2003. – 303 с.
25. Рожанский, Д. А. Курс физики. Колебания и волны. Звук. Свет / Д. А. Рожанский – Москва : Либроком, 2013. – 250 с.
26. Савельев, И. В. Курс физики. В 3 томах. Том 2. Электричество. Колебания и волны. Волновая оптика / И. В. Савельев. – СПб.: Лань, 2008. – 480 с.
27. Саенко, П. Г. Физика: Учеб. Для 9 класс сред. Шк. / П. Г. Саенко. – 2-е изд. – Москва : Просвещение, 1992. – 175 с.
28. Трофимова, Т. И. Руководство к решению задач по физике. Учебное пособие / Т. И. Трофимова. – Москва : Юрайт, 2015. – 266 с.
29. Шахмаев, Н. М. Физика : 9 класс учеб. для общеобразоват. Учреждений / Н. М. Шахмаев, А. В. Бунчук.– Москва : Просвещение, 2011. – 231 с.
30. Шишин, В. А. Физика. Механические колебания и волны : лабораторные работы / В. Б. Вязовов, С. П. Кудрявцев, В. П. Плотников, А. М. Подкауру, В. А. Шишин. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. – 32 с.