МЕХАНИКА (КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ)

Введение

У большинства учеников возникают проблемы с построением графика гармонической функции, а учителя физики часто спорят о том, описывает ли конкретный колебательный процесс функция синус или функция косинус. Такие вопросы вообще не должны возникать, тем более что на уроках математики ученики девятого класса уже познакомились с формулами приведения и помнят их. Перевести их на «язык физики» – задача учителя физики! Решать он ее начинает еще в основной школе после изучения свободных колебаний горизонтального пружинного и нитяного маятника, получив с помощью второго закона Ньютона уравнения движения каждого из них. Для этого учитель совместно с учениками строит примерные графики смещения, проекции скорости и проекции ускорения, например, горизонтального пружинного маятника (Рис. 1), основываясь на наблюдениях учеников за процессом. Показываем, что зависимость смещения от времени должна описывать функция: $x = A\cos\frac{2\pi}{T}t$.

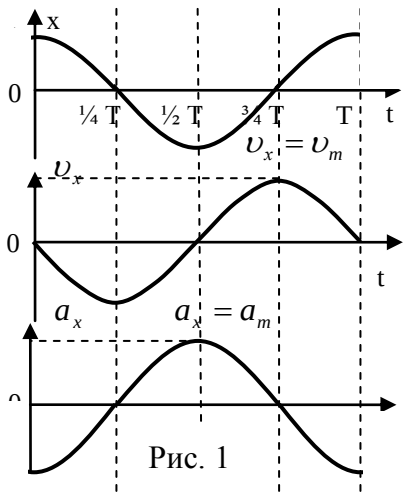


Рис. 1

Для этого определяем смещение маятника в характерные моменты времени $t = \left\{0, \frac{1}{4}T, \frac{1}{2}T, \frac{3}{4}T, T\right\}$ и сравниваем полученные значения функции с данными эксперимента. Аналогично показываем, что проекция скорости горизонтального пружинного маятника изменяется по закону: $\upsilon_ч = -\upsilon_{\max}\sin\frac{2\pi}{T}t$, а проекция ускорения – по закону: $a_x = -a_{\max}\cos\frac{2\pi}{T}t$. После этого уже можно предложить ученикам решить две задачи.

Задача 1: Записать уравнение колебательного движения с параметрами: А = 0,05 м, Т = 0,5 с. В начальный момент времени смещение равно амплитуде колебаний.

Решение 1: Записываем уравнение колебаний: $x = A\cos\frac{2\pi}{T}t = 0{,}05м\cos(4\pi \cdot c^{-1}t)$, определяем период колебания $T = \frac{2\pi}{\omega} = 0{,}5$ с, находим смещение в характерные моменты времени и строим график по точкам (Рис. 2).

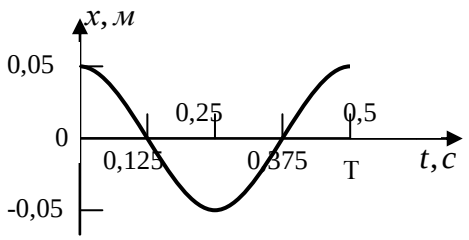


Рис. 2

t, c	x, м
0	0,05
0,125	0
0,25	- 0,05
0,375	0
0,5	0,05

Решение 2: Пусть теперь в начальный момент времени смещение x = - A. Ученики легко строят график этого процесса (Рис. 3), а вот с уравнением колебаний им надо разобраться. Обычно они легко догадываются, что колебания описываются функцией: $x = -0{,}05м \cdot \cos(4\pi \cdot c^{-1}t)$. После небольшой подсказки (формулы приведения) уравнение колебаний приобретает вид: $x = 0{,}05м\cos(4\pi \cdot c^{-1}t + \pi)$. Подставив в последнее уравнение характерные значения времени, убеждаемся, что именно эта функция описывает данный колебательный процесс. Показываем, что график данной функции можно получить из графика на рисунке 2, смещая последний по оси времени на половину периода влево.

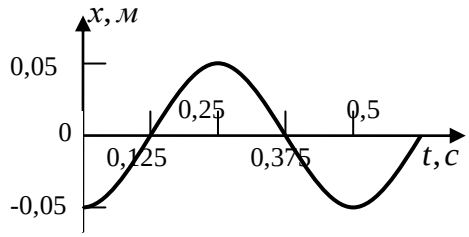


Рис. 3

Задача 2: Записать уравнение колебательного движения с параметрами: A = 5 см, T = 2 с. В начальный момент смещение равно нулю.

Решение 1: Как и в предыдущем случае, записываем уравнение колебаний: $x = 0{,}05м \cdot \cos(\pi \cdot c^{-1}t)$. Ученики догадываются, что к аргументу косинуса надо добавить или отнять $\frac{\pi}{2}$, после чего записывают уравнение колебаний: $x = 0{,}05м \cdot \cos(\pi \cdot c^{-1}t + \frac{\pi}{2})$. Теперь найдем смещение колеблющегося тела в характерные моменты времени и построим график функции по точкам (Рис. 4). Это график «перевернутого синуса», который можно было бы построить сразу, если бы дети твердо знали, что $x = 0{,}05м \cdot \cos(\pi \cdot c^{-1}t + \frac{\pi}{2})$ = $-0{,}05м \cdot \sin(\pi \cdot c^{-1}t)$. График можно было бы построить еще быстрее, если переместить график функции косинус на одну четвертую часть периода влево!

t, c	x, м
0	0
0,5	- 0,05
1	0
1,5	0,05
2	0

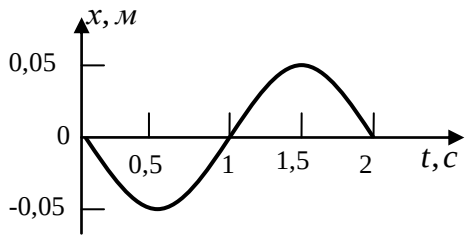


Рис. 4

Решение 2: Теперь построим график функции: $x = 0{,}05м \cdot \cos(\pi \cdot c^{-1}t - \frac{\pi}{2})$. Ученики по знакомому им теперь алгоритму легко определяют значения функции в характерные моменты времени и по точкам строят график движения (Рис. 5). Полученный при решении этих двух задач опыт убеждает учеников в том, что график гармонической функции можно построить и по одной точке, если в начальный момент времени смещение равно амплитуде колебаний и по двум точкам, если в начальный момент времени смещение равно нулю. Если ученики хорошо владеют формулами приведения и «знают» графики функций синус и косинус, то график гармонического процесса можно построить и без всяких точек. Эти умения и навыки будут развиваться и дальше, например, при изучении гармонических колебаний.

t, c	x, м
0	0
0,5	0,05
1	0
1,5	- 0,05
2	0

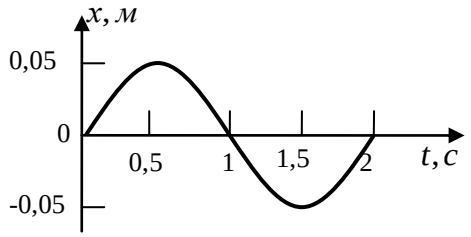


Рис. 5

Задача 3: Изготовить математический маятник, колебания которого будут происходить по закону: x = 0,1 м cos (πt + π/2).

Решение: Записав общее уравнение гармонических колебаний $x = A\cos(\omega \cdot t + \varphi_0)$, ученики обычно легко определяют амплитуду колебаний маятника, начальную фазу и циклическую частоту колебаний. Период колебаний данного маятника 2 с, его длина 1 м. Изготовив маятник, ученики измеряют период его колебаний и с восторгом убеждаются в том, что они на правильном пути. Теперь необходимо привести маятник в движение так, чтобы его колебания происходили по указанному выше закону. После нескольких неудачных попыток сделать это, ученики предлагают вначале построить график процесса. Из графика им хорошо видно, что маятник необходимо привести в движение из положения равновесия в сторону отрицательных смещений так, чтобы колебания происходили с указанной амплитудой.

Задача 4: Изготовить пружинный маятник, колебания которого будут происходить по закону: x = 0,05 м cos (2πt + π).

Решение: Задача похожа на предыдущую задачу и ученики по началу не видят проблем при ее решении. Они определяют амплитуду, период и начальную фазу колебаний, после чего пытаются изготовить пружинный маятник. После нескольких неудачных попыток сделать это, они догадываются, что предварительно необходимо измерить жесткость пружины. Подвесив к пружине груз известной массы, они определяют ее жесткость и только после этого вычисляют массу груза, который необходимо подвесить к пружине, чтобы колебания происходили с периодом 1 с. Изготовив, таким образом, пружинный маятник, они измеряют его период колебаний и вновь убеждаются в том, что они все делают правильно. Как и в предыдущем случае, они строят график движения и приводят маятник в движение.

Задача 3: Точка совершает гармонические колебания с амплитудой 5 см и циклической частотой 5 $с^{-1}$. Найдите величину ускорения точки в те моменты, когда ее скорость равна 15 см/с.

Решение: Смещение точки в любой момент времени $x = A\cos(\omega \cdot t + \varphi_0) = A\cos\varphi$, проекция её скорости $\upsilon_x = -\omega A \sin\varphi$, проекция ускорения $a_x = -A\omega^2 \cos\varphi$. Тогда $\sin\varphi = \frac{\upsilon_x}{\omega A} = \pm\frac{3}{5}$, $\cos\varphi = \pm\sqrt{1-\sin^2\varphi} = \pm\frac{4}{5}$ и $a_x = -0{,}05 м \cdot 25 \cdot c^{-2} \cdot \pm\frac{4}{5} = \pm 1$ м/с^2.

Последние три задачи интересны тем, что позволяют проверить уровень компетенции школьников в области определения параметров колебательного процесса, построения графика гармонической функции, измерения периода колебаний, жесткости пружины и длины математического маятника. При решении этих задач ученики применяют полученные знания для изготовления конкретных приборов, запускают колебательный процесс и отлаживают прибор. Это развивает их технические (инженерные) компетенции и учит созидать.

Учитель физики ОБГОУ «ТФТЛ» А. Найдин

Оглавление

1. Введение……2-4

2. Механические колебания…..…….…….5-28

3. Волновые явления…..…….29-41

4. Звук……42-60

5. Литература…….61

Уроки, задачи, вопросы, творческие домашние задания.
Анатолий Найдин

г. Новокузнецк
2014 г

...если вы можете измерить и выразить в числах то, о чем говорите, − вы знаете это; но, если вы не можете измерить, если не можете выразить числами, − ваши знания скудны и недостаточны. Они могут быть началом науки, но едва ли одной лишь силой вашей мысли превратятся в ее фундамент.

Лорд Кельвин

О, маятник душ строг —
Качается, глух, прям,
И страстно звучит рок
В запретную дверь к нам...
О. Мандельштам

ПРИМЕРНЫЕ ПЛАНЫ УРОКОВ ПО МЕХАНИКЕ

(КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ)

Научный метод, в основе которого лежит объективность, воспроизводимость, открытость новому, - великое завоевание человеческого разума.
академик А.Б. Мигдал

2016 г

Рожденный пустыней колеблется звук,
Колеблется синий на нитке паук.
Колеблется воздух. Прозрачен и чист,
В сияющих звездах колеблется лист.
Н.А. Заболоцкий

Урок 78/1. СВОБОДНЫЕ И ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ

ЦЕЛЬ УРОКА: Выяснить главные особенности колебательного движения, ввести понятия: амплитуда, период, частота, смещение; вывести уравнения движения груза на пружине и математического маятника.

ТИП УРОКА: лекция.

ОБОРУДОВАНИЕ: нитяной и пружинный маятники, секундомер демонстрационный, линейка демонстрационная.

ПЛАН УРОКА:

1. Вступительная часть
2. Лекция
3. Закрепление
4. Задание на дом

II. Многие тела способны колебаться, или осциллировать: груз на пружине, камертон, колесико балансира в часах, струна гитары, сеть паука, автомобиль на рессорах, атмосфера, земная кора, поршни в двигателе внутреннего сгорания, стрелки электроизмерительных приборов, атомы в молекулах, морские приливы и отливы, количество щук и карасей в водоемах или волков и зайцев в лесах.

Демонстрация колебаний пружинного и нитяного маятников. Каковы особенности колебаний? В чем главное отличие колебательного движения от поступательного движения?

Повторяемость и во многих случаях периодичность - главная черта колебаний.

Период колебаний (T) - свойство гармонически колеблющегося объекта повторять свое движение через равные промежутки времени, измеряемое часами в секундах. Способы измерения периода колебаний: $T = \frac{t}{N}$.

Частота колебаний (ν) – отношение числа полных периодов колебаний гармонически колеблющегося объекта к промежутку времени, за который они происходят. Единица частоты в СИ: [ν] = [Гц]. Названа в честь Густава Людвига Герца (1887–1975).

Связь между частотой и периодом: $\nu = \frac{1}{T}$. Такие колебания назовем собственными колебаниями, а частоту их колебаний – собственной частотой.

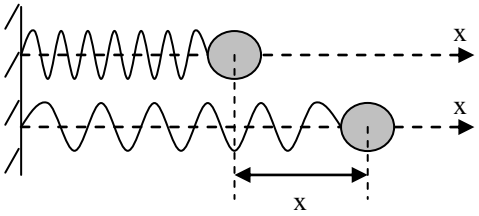
Амплитуда колебаний (A) – наибольшее отклонение гармонически колеблющегося объекта от положения равновесия, измеряемое линейкой в метрах.

И все-таки жизнь – это чудо.
А чудо – не запретишь.
Да здравствует амплитуда;
То падаешь, то летишь!
Виктор Боков

Смещение (x) - значение координаты гармонически колеблющегося объекта в данный момент времени. x = [-A; A].

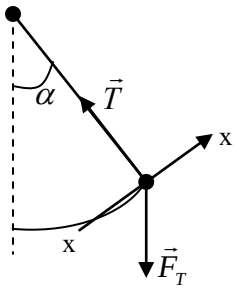
Основная задача механики для колебательного движения: x = x (t).

Свободные колебания. Примеры собственных колебаний. Какими свойствами должна обладать колебательная система для того, чтобы в ней могли возникнуть собственные колебания?



Пружинный маятник. Детальный разбор динамики колебаний горизонтального пружинного маятника. Уравнение движения пружинного маятника: $a_x = -\frac{k}{m}x = -\omega_{оп}^2 \cdot x$.

Математический маятник - материальная точка, подвешенная не невесомой и нерастяжимой нити. Детальный разбор динамики колебаний нитяного (математического) маятника. Уравнение движения математического маятника: $a_x = -\frac{g}{l}x = -\omega_{ом}^2 \cdot x$.



Зависимость смещения, скорости и ускорения от времени при колебательном движении (на примере колебаний горизонтального пружинного маятника).

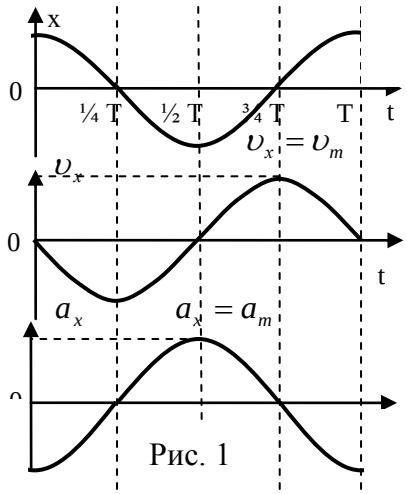


График зависимости смещения колеблющегося тела от времени называется **осциллограммой**. По какому закону изменяется смещение с течением времени? Построение приблизительных графиков x(t), υ_x(t), α_x(t). На следующих уроках мы строго докажем, что смещение изменяется по закону косинуса: x = $A\cos\frac{2\pi}{T}t$ (проверить по точкам). Проекция скорости изменяется по закону «перевернутого» синуса: $\upsilon_x = -\upsilon_m \sin\frac{2\pi}{T}t$, а проекция ускорения по закону “перевернутого” косинуса: $a_x = -a_m \cos\frac{2\pi}{T}t$. Тем самым мы решим основную задачу механики для колебательного движения.

Ш. *Задачи:*

1. Записать уравнение колебательного движения с параметрами: A = 0,05 м, T = 0,5 с. В начальный момент времени смещение равно амплитуде колебаний. Построить график.
2. Самка беззубки откладывает каждые 50 с по яйцу, общее их количество может достигать 400 тысяч. Определите период и частоту откладывания яиц, и продолжительность этого процесса.

Вопросы:

1. Можно ли считать математический маятник моделью?
2. Какие из величин, описывающих свободные колебания, изменяются во времени: частота, амплитуда, смещение, скорость, ускорение, импульс?
3. Взрослый человек делает примерно 23000 вдохов и выдохов в день. Какова частота дыхания?
4. Как называют график колебаний сердца, Земли, колеблющегося тела?
5. Что можно определить по графику движения при гармонических колебаниях?
6. В чем принципиальное отличие колебаний груза на пружине от колебаний поршня в цилиндре двигателя автомобиля?
7. Каким образом можно записать колебания нитяного маятника (осциллограмма или график колебаний)?

IV. §§ 53, 55.

1. Постройте график зависимости амплитуды колебаний маятника от числа его полных колебаний.
2. Оцените частоту взмахов крыльев летящей птицы.

...Было, однако, в этом маятнике нечто, заставившее меня всмотреться в него повнимательнее.

Эдгар По

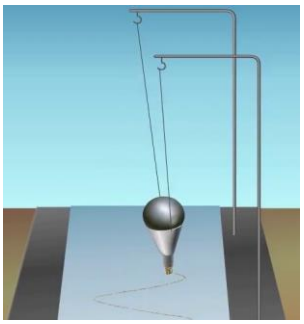
Урок 73/2.

ГАРМОНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ

ЦЕЛЬ УРОКА: Познакомить учащихся с колебаниями тени шарика, совершающего равномерное движение по окружности. Получить уравнение гармонических колебаний.

ТИП УРОКА: комбинированный.

ОБОРУДОВАНИЕ: диск вращающийся, электродвигатель, проекционный аппарат.



ПЛАН УРОКА:

1. Вступительная часть
2. Опрос
3. Объяснение
4. Закрепление
5. Задание на дом

II. *Опрос фундаментальный:*

1. Основные понятия теории колебаний. 2. Уравнение движения пружинного маятника. 3. Уравнение движения математического маятника.

Задачи:

1. Записать уравнение колебательного движения с параметрами: A = 5 см, T = 2 с. В начальный момент времени смещение равно нулю. Построить график.
2. Крылья пчелы, летящей за нектаром, колеблются с частотой 420 Гц, а при полете обратно с нектаром – с частотой 300 Гц. За нектаром пчела летит со

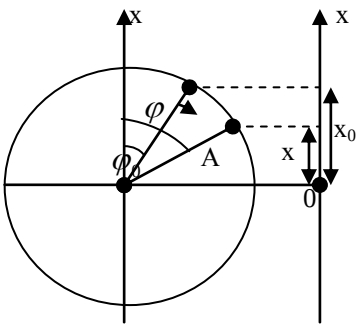
скоростью 7 м/с, а обратно со скоростью 6 м/с. При полете в каком направлении пчела сделает больше взмахов крыльями, если расстояние от улья до цветочного поля 500 м?

Вопросы:

1. По какой траектории будет двигаться груз нитяного маятника, если нить маятника пережечь в момент, когда он достигает максимального отклонения (когда груз проходит положение равновесия)?
2. Нить с одинаковыми грузами на концах перекинута через блок. Почему нарушается равновесие, если один из грузов отклонить от вертикали?
3. Шарик, подвешенный на пружине, сместили на 1 см от положения равновесия и отпустили. За какое время путь, пройденный шариком, будет равен 48 см, если частота колебаний 5 Гц?
4. Длина нитяного маятника 1 м. Грузик маятника отклоняют от положения равновесия на 30^0 и отпускают. Определите:
   - перемещение грузика за половину периода колебаний.
   - амплитуду колебаний.
   - путь за период колебаний.
   - период колебаний.
   - зависимость смещения от времени.
5. Количество сердцебиений у человека за один год около 36800000. Какова частота пульса?

III. Демонстрация колебаний тени шарика, совершающего равномерное движение по окружности. Отметить на доске положение равновесия, амплитуду колебаний, смещение в разные моменты времени. Является ли смещение функцией времени? Можно ли для данного колебательного движения решить основную задачу механики, т.е. найти уравнение, с помощью которого можно будет определять смещение тени шарика в любой момент времени? Да!

Механическое движение



Вращательное	**Колебательное**
A – радиус	– амплитуда
x – проекция	– смещение
φ_0 – начальный угол	– начальная фаза
φ – угол поворота	– фаза
T – период обращения	– период колебаний
ω – угловая скорость	– циклическая частота
$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi n$	$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu$

Пример: n = 10 об/с, ω = 20π рад/с. ν = 10 Гц, ω = 20π (1/с).

$\boxed{\mathbf{x = A\cos\varphi = A\cos(\omega t+\varphi_0)}}$ – уравнение **гармонических колебаний**.

По формуле можно определить смещение гармонически колеблющегося тела в любой момент времени.

Вопрос: Какое движение совершает проекция радиуса – вектора на ось у?

Амплитуда (А) - наибольшее отклонение от среднего значения величины, изменяющейся при колебаниях по гармоническому закону.

Фаза (φ) - изменяющийся аргумент функции, описывающей колебательный процесс. Фаза измеряется в радианах (рад). Физический смысл фазы состоит в том, что она определяет состояние колебательной системы в данный момент времени.

Начальная фаза (φ_0) - фаза колебаний в начальный момент времени.

При t = 0, $X_{t=0} = A \cos\varphi_0$. Начальная фаза задает смещение в начальный момент времени!

Если $\varphi_0 = 0$, cos0 = 1, то $X_{t=0} = A$.

Если $\varphi_0 = \frac{\pi}{2}$, $\cos\frac{\pi}{2} = 0$, то $X_{t=0} = 0$ (+ → -).

Если $\varphi_0 = \pi$, $\cos\pi = -1$, то $X_{t=0} = -A$.

Если $\varphi_0 = \frac{3\pi}{2}$, $\cos\frac{3\pi}{2} = 0$, то $X_{t=0} = 0$ (- → +).

Понятие “начальная фаза” подробно разобрать на примерах и демонстрациях с двумя нитяными маятниками одинаковой длины.

Циклическая частота (ω) – отношение изменения фазы колебаний к промежутку времени, за который это изменение произошло.

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu$$

IV. *Задачи:*

1. Зависимость координаты гармонически колеблющегося тела от времени имеет вид: $x = 0{,}3\ м \cdot \cos(3\cdot\pi\cdot c^{-1}\cdot t + \pi)$. Определите период, частоту, амплитуду и начальную фазу колебаний, циклическую частоту. В выбранном масштабе постройте график.
2. В момент времени 2 с фаза гармонических колебаний равна π/6, а в момент времени 3 с она равна π/2. Какова начальная фаза и частота колебаний?
3. За какую часть периода тело, совершающее гармонические колебания, проходит весь путь от крайнего положения до среднего, первую половину этого пути, вторую его половину?
4. Груз массой m = 100 г подвешен на нити и совершает колебания, угловая амплитуда которых α = 60°. Определить натяжение нити в тот момент, когда она составляет угол β = 30° с вертикалью. Ускорение свободного падения принять $g = 10\ м/с^2$.

V. §§ 54-55. Упр. 31.

1. По какому закону изменяется долгота дня в течение года (построить график с использованием календаря)?
2. Как можно доказать экспериментально, что волны несут с собой энергию?

Все науки по мере совершенствования становятся
по своему характеру математическими науками.
Уайтхед

Урок 80/3 СКОРОСТЬ И УСКОРЕНИЕ ПРИ ГАРМОНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЯХ

ЦЕЛЬ УРОКА: Развить представления учащихся о гармонических колебаниях. На основе данных эксперимента построить графики зависимости скорости и ускорения гармонически колеблющегося тела от времени.

ТИП УРОКА: комбинированный.

ОБОРУДОВАНИЕ: диск, вращающийся с принадлежностями, электродвигатель, проекционный аппарат.

ПЛАН УРОКА:

1. Вступительная часть
2. Опрос
3. Объяснение
4. Закрепление
5. Задание на дом

II. *Опрос фундаментальный:* Гармонические колебания.

Задачи:

1. Записать уравнение гармонических колебаний при следующих параметрах: A = 5 см, T = 2 с, $\varphi_0 = \pi/2$. Определить смещение объекта в момент времени t = 0,2 с. Построить график.
2. Гармоническое колебание материальной точки задано уравнением: $x = A\cos\frac{2\pi}{T}t$. Какой путь проходит эта точка за время t?
3. Пуля массой 0,012 кг попадает в брусок массой 0,3 кг, прикрепленный к горизонтальной пружине с коэффициентом жесткости $6\cdot10^3$ Н/м, другой конец которой закреплен неподвижно. Амплитуда колебаний бруска после попадания в него пули составила 12 см. Какой была скорость пули, если учесть, что после попадания пуля и брусок движутся вместе?

III. Построение на доске графика зависимости смещения гармонически колеблющегося тела от времени (начальная фаза колебаний равна нулю).

Демонстрация периодического характера изменения скорости тела, совершающего гармонические колебания, и построение графика этой зависимости (“перевернутый” синус).

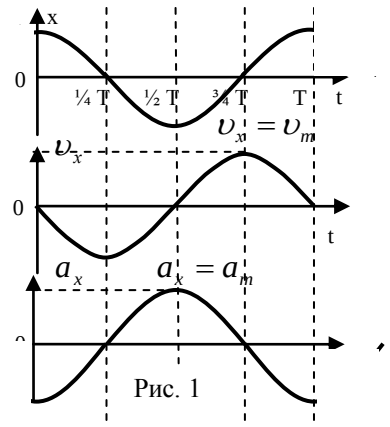


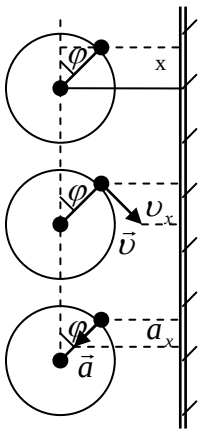
Рис. 1

Демонстрация периодического характера изменения ускорения тела, совершающего гармонические колебания, и построение графика этой зависимости (“перевернутый” косинус).

$$x = A \cdot \cos\varphi$$

$$\upsilon_x = -\upsilon_{мах}\sin\varphi$$

$$a_x = -a_{мах}\cos\varphi$$



Механическое движение

Вращательное **Колебательное**

Линейная скорость: $\upsilon = \omega \cdot A$ **Амплитуда скорости**: $\upsilon_m = \omega \cdot A$

Центростремительное ускорение: $a = \omega^2 \cdot A$; **Амплитуда ускорения:** $a_m = \omega^2 \cdot A$

$a_x = -a_m \cos\omega t = -\omega^2 \cdot A\cos\omega t = -\omega^2 x \rightarrow a_x = -\omega^2 x$.

Проекция ускорения гармонически колеблющегося тела прямо пропорциональна смещению с обратным знаком.

Если:

- **$a_x = 0$, то движение равномерное: $x = x_0 + \upsilon_x t$.**
- **a_x = пост, то движение равноускоренное: $x = x_0 + \upsilon_x t + \frac{a_x t^2}{2}$.**
- **$a_x = -\omega^2 x$, то движение гармоническое колебательное: $x = A\cos(\omega t + \varphi_0)$.**

Пример решения задачи. Шар положен на край гладкого стола, плоскость которого перпендикулярна к отвесу. Определите период его малых колебаний.

Если прорыть в Земле тоннель между двумя городами перпендикулярно отвесу (через центр Земли), то время движения поезда между ними составит 84 минуты.

IV. *Задачи:*

1. Записать уравнения гармонических колебаний, если амплитуда A = 5 см, начальная фаза $\varphi_0 = 0$, период T = 0,01 с. Определить частоту ν, циклическую частоту ω, амплитуду скорости υ_m и ускорения a_m. Построить график.
2. Точка совершает гармонические колебания вдоль прямой линии. При движении между крайними положениями средняя скорость оказалась равной 4 м/с. Найдите максимальную скорость на этом участке.
3. Проекция скорости материальной точки изменяется по закону $\upsilon_x = 0{,}2\pi \cdot \cos 2\pi \cdot t$ (м/с). Определить амплитуду смещения A и амплитуду ускорения a_m. Найти смещение x через t = 5/12 с после начала колебания.
4. Скорость материальной точки изменяется по закону $\upsilon_x = 0{,}2\pi \cdot \cos 2\pi t$ (м/с). Определить амплитуду смещения A и амплитуду ускорения a_m. Найти смещение x через t = 5/12 с после начала колебания.
5. Маятник метронома совершает гармонические колебания с периодом 2,48 с и амплитудой 65^0. На фотографии, сделанной с достаточно большой выдержкой, изображение грузика метронома получилось в виде дуги, один конец которой имеет угловое положение 22^0, а второй 37^0 относительно вертикального направления. В течение какого времени был открыт затвор фотоаппарата?

V. Конспект

1. Попытайтесь совершить гармоническое движение, двигаясь взад и вперед по некоторому отрезку пути. Наклон вашего туловища вдоль направления движения прямо пропорционален вашему ускорению.
2. Нитяной маятник сохраняет плоскость своих качаний. Убедитесь в этом и попробуйте это свойство маятника использовать для обнаружения вращения Земли?
3. Сравните формулы для смещения, скорости и ускорения при прямолинейном равноускоренном движении и соответствующие формулы для гармонических колебаний. В чем сходство и различие между ними?

Когда приютит задремавшее стадо
Семейство берёз на холме за рекой,
Пастух, наблюдая игру листопада,
Лениво сидит и болтает ногой….
Н. Рубцов. Жар-птица.

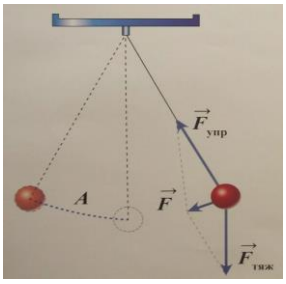
Урок 81/4. СВОБОДНЫЕ ГАРМОНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ

Чудесное совпадение или ожидаемая связь: почему π в квадрате примерно равно g!

ЦЕЛЬ УРОКА: Показать, что собственные колебания пружинного и нитяного маятников – гармонические. Вывести формулы для определения периода колебаний и смещения.

ТИП УРОКА: комбинированный.

ОБОРУДОВАНИЕ: набор пружинный с держателями, демонстрационный секундомер, демонстрационный пружинный маятник, набор грузов, электродвигатель, диск вращающийся с принадлежностями, демонстрационный нитяной маятник.



ПЛАН УРОКА:

1. Вступительная часть
2. Опрос
3. Объяснение
4. Закрепление
5. Задание на дом

II. *Опрос фундаментальный:* Скорость и ускорение при гармонических колебаниях.

Задачи:

1. Точка совершает колебания вдоль оси x по закону: x = 0,05 м·cos π·t, где t в секундах. Определите амплитуду, период, максимальную скорость, максимальное ускорение и начальную фазу колебаний. Постройте примерный график проекции ускорения от времени.
2. Точка совершает колебания по закону: x = A·sin(ωt). В некоторый момент времени смещение точки оказалось равным 5 см. Когда фаза колебаний увеличилась вдвое, смещение стало равным 8 см. Найдите амплитуду колебаний.
3. Жидкость плотности ρ в U – образной трубке смещают из положения равновесия на расстояние x. Масса жидкости m, сечение трубки S. Если не учитывать трение, то каким будет период ее колебаний?

Вопросы:

1. Что можно определить по графику колебаний?
2. Шарик на нити совершает гармонические колебания с частотой 0,25 Гц. В начальный момент времени он проходит положение равновесия, двигаясь со скоростью 1 м/с. Определить скорость шарика в момент времени 3 с.
3. Что общего и чем отличаются друг от друга колебательное и вращательное

движение?

4. Почему кажется, что быстро колеблющаяся на пружине лампочка, вспыхивает наиболее ярко в крайних точках своей траектории?
5. В одинаковых или разных фазах находятся крылья летящей птицы? А руки человека при ходьбе?

III. Сравните уравнение движения гармонических колебаний с уравнением движения пружинного или математического маятников.

$$\alpha_x = -\omega^2 x;\ \alpha_x = -\omega^2_{оп} x;\ \alpha_x = -\omega^2_{ом} x.$$

При одинаковых циклических частотах и амплитудах собственные колебания маятников гармонические колебания и происходят по одному и тому же закону.

Сравнение колебаний тени шарика, совершающего равномерное движение по окружности, с колебаниями пружинного и нитяного маятников.

Собственные колебания пружинного и нитяного маятника – гармонические!

$$x = A \cos (\omega t + \varphi_0)$$

Гармонические колебания	**Пружинный маятник**	**Математический маятник**
Смещение……x	x	x
Амплитуда……..A	A	A
Циклическая частота…….ω	$\omega_{оп} = \sqrt{\frac{k}{m}}$	$\omega_{ом} = \sqrt{\frac{g}{l}}$
Период……T	$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$	$T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$
Смещение…$x = A \cos (\omega t + \varphi_0)$	$x = A \cos (\omega_{оп} t + \varphi_0)$	$x = A \cos (\omega_{ом} t + \varphi_0)$

Кто задает амплитуду колебаний, начальную фазу, период колебаний? По какому закону происходят колебания маятников? Как определить смещение маятников в любой момент времени?

Частота собственных колебаний не зависит от способа возбуждения, а определяется исключительно свойствами самой системы.

Маятниковые часы (Христиан Гюйгенс, ошибка в измерении времени 10 секунд в сутки).

Историческая справка. *Христиан Гюйгенс – голландский физик, математик, механик и астроном. Родился в Гааге. Обучался в Лейденском университете юридическим наукам, но не прекращал занятия математикой. Опираясь на исследования Галилея, он решил ряд задач механики. В 1656 году в возрасте 27 лет им были сконструированы первые маятниковые часы со спусковым механизмом. Создание часов, измеряющих время с невиданной для той поры точностью, имело далеко идущие последствия для развития физического эксперимента и практической деятельности человека. До этого ведь время измеряли по истечению воды, горению факела или свечи. Созданная Гюйгенсом к 1673 году теория колебаний явилась одним из оснований для понимания потом природы света.*

IV. *Задачи:*

1. Изготовить нитяной маятник, колебания которого будут происходить по закону: $x = 0{,}1$ м $\cos (\pi t + \pi/2)$.
2. Длина подвеса маятника 98 м. С какой частотой он колеблется? Чему равна амплитуда колебаний маятника, если он отклонился от вертикали на угол 5°?

3. Таракан массой 0,3 г попал в сеть к пауку. Паутина колеблется с частотой 15 Гц. Определите коэффициент жесткости паутины. С какой частотой будет колебаться паутина, если в нее попадет насекомое массой 0,1 г?
4. На пружине жесткости k подвешен груз массы m. Показать, что вертикальные колебания такого пружинного маятника гармонические и найти их период. При отклонении от положения равновесия найти равнодействующую.
5. К вертикальной пружине подвесили груз массой 200 г, при этом она удлинилась на 5 см. Каким будет период колебаний груза на пружине?
6. Груз осторожно прикрепляют к концу свободно висящей пружины. Когда груз освобождают, он опускается на 30 см вниз, а затем идет вверх. Чему равна амплитуда и период колебаний груза?
7. По обледенелой дороге обычно идут, делая маленькие шаги. С какой шириной шага должен идти человек, не боясь упасть, если длина его ног 1 м, а коэффициент трения подошв обуви о дорогу 0,1. 10 см

Вопросы:

1. Изменится ли период колебаний качелей, если вместо одного человека на качели сядут двое?
2. Почему листья на деревьях после порыва ветра качаются с большей частотой (дрожат), чем сами деревья?
3. Сохранится ли период колебаний часов-ходиков, если их с Земли перенести на Луну?
4. За одно и то же время первый математический маятник совершает одно колебание, а второй - три. Во сколько раз длина первого маятника больше длины второго маятника?
5. Как изменится период колебаний нитяного маятника, если его перенести из воздуха в воду?
6. Во сколько раз и как надо изменить длину нитяного маятника, чтобы: а) период колебаний увеличился в 2 раза; б) частота увеличилась в 2 раза?
7. В кабине лифта на нити, подвешенной к потолку, колеблется небольшой груз. Как будет двигаться груз относительно лифта, если в какой-то момент времени лифт начнет свободно падать?
8. Тело массой 200 г совершает гармонические колебания на пружине по закону: $x = 0{,}2м \cdot \cos 2c^{-1}t$. Найдите жесткость пружины.
9. Медный шарик, подвешенный к пружине, свободно колеблется. Как изменится период колебаний этой системы, если вместо медного шарика подвесить алюминиевый шарик таких же размеров?
10. Куда направлено полное ускорение математического маятника в разных точках его траектории?
11. Есть ли точки на траектории груза колеблющегося нитяного (пружинного) маятника, в которых справедлив первый закон Ньютона?

12. Имеются два маятника. Период одного из них известен. Как проще всего узнать период другого?
13. Используя эффект отталкивания одноименных магнитных полюсов, можно изготовить нитяной маятник с большим периодом колебаний. Как это сделать?
14. Над месторождением железной руды период колебаний маятникового гравиметра уменьшается, а над месторождением нефти увеличивается. Почему?
15. Два нитяных маятника, длина которых ℓ_1 и ℓ_2 соответственно, причём, $\ell_1 < \ell_2$ начинают движение в одинаковой фазе. Через какое время колебания этих маятников снова совпадут по фазе? $t = \frac{2\pi}{\omega_1 - \omega_2}$
16. Период колебаний одного маятника в 2 раза больше, чем второго маятника, а их длины отличаются на 30 см. Чему равна длина первого маятника?

V. § 56. Упр. 32. Лабораторная работа № 8.

1. Используя резинки от авиамоделей и металлическую пуговицу, изготовьте горизонтальный пружинный маятник и определите период его свободных колебаний. Как зависит период колебаний этого маятника от массы груза и жесткости резины.
2. Как изменится период колебаний нитяного маятника, если штатив с маятником установить на наклонную плоскость с углом наклона 30^0?
3. К одному концу упругой стальной линейки прикреплен груз, а другой конец ее жестко зафиксирован так, что линейка вертикальна. Отклоняя груз, вызывают его колебания. Один раз опыт проводят при верхнем положении груза, а другой - при нижнем положении. Объясните, почему при примерно одинаковой амплитуде периоды колебаний заметно отличаются.

Точная наука немыслима без меры.
Д. И. Менделеев

Урок 82/5.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7: «ИЗМЕРЕНИЕ УСКОРЕНИЯ СВОБОДНОГО ПАДЕНИЯ»

Как измерить скорость своего движения, если у вас есть линейка, но нет часов?

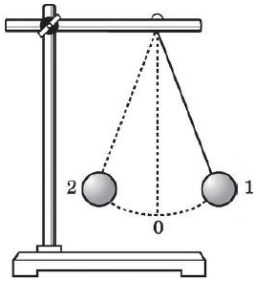
ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Измерить ускорение свободного падения в данной местности.

ТИП УРОКА: лабораторная работа.

ОБОРУДОВАНИЕ: шарик с отверстием, нить, штатив с муфтой и кольцом, секундомер, линейка.

ПЛАН РАБОТЫ:

1. Вступительная часть
2. Вводный инструктаж
3. Выполнение работы
4. Подведение итогов
5. Задание на дом



II. Каким образом можно измерить период колебаний нитяного маятника? Как определить период колебаний наиболее точно? Какова при этом относительна погрешность измерения периода колебаний? Запишите формулу для определения периода колебаний математического маятника. Если известен период колебаний маятника и его длина, то, как определить ускорение свободного падения в данном месте? Как определить абсолютную и относительную погрешность результата измерения? Как повысить точность измерения ускорения свободного падения?

III. Выполнение работы:

$$\frac{\Delta g}{g_{пр}} = \frac{\Delta l}{l_{пр}} + 2\frac{\Delta T}{T_{пр}};\ \Delta T = \frac{\Delta t}{N};\ T = \frac{t}{N}$$

Величина	$l_{пр}$, м	t, с	$T_{пр}$, с	$g_{пр}$, м/с^2
Измерение				
Относительная погрешность, %				

На экзамене в институт Сорбонны был маятник, и необходимо было измерить ускорение свободного падения. Естественно, что у большинства получилось 9,8 и только у двоих 11. Их и зачислили – под столом экзаменатора был спрятан магнит! Сравните среднее значение со значением g = 9,8 м/с^2. Почему любые маятниковые часы необходимо калибровать в соответствии с особенностями гравитационного поля в том месте, где вы находитесь?

IV. Подведение итогов.

V.

1. Измерьте собственную частоту колебаний чая в чашке. Как она зависит от радиуса чашки?
2. При расчетах, не требующих высокой точности, период математического маятника можно найти по формуле $T^2 \approx 4\ell$, где ℓ - длина маятника в метрах. Обоснуйте это приближение. Какую относительную погрешность допускают в таком приближении?
3. Один математический маятник имеет период колебаний T_1, другой T_2. Какой период колебаний будет у математического маятника, длина которого равна сумме длин указанных маятников?
4. С помощью маятника определите ускорение свободного падения в вашей комнате.
5. Изучите и объясните связанные колебания двух магнитных стрелок, установленных рядом друг с другом.
6. Груз совершает колебания на резиновом шнуре. Во сколько раз изменится период вертикальных колебаний груза, если его подвесить на том же шнуре, сложенном вдвое?
7. В литературе описаны маятниковые часы, которые сохраняют точность хода при любой температуре. Они сделаны в виде тонкой трубки, заканчивающейся резервуаром ее ртутью. В чем преимущества такого устройства маятника? Предложите свою конструкцию часов, сохраняющих точность хода при любой температуре.
8. Попробуйте показать, что нитяной маятник не изменяет плоскости колебаний при вращении стула, к которому он прикреплен.

Содружество математики, физики и техники нигде так ярко не проявилось, как в создании математического аппарата теории колебаний.

Л.И. Мандельштам

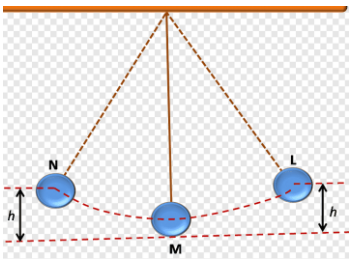
Урок 83/6.

ПРЕВРАЩЕНИЕ ЭНЕРГИИ ПРИ ГАРМОНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЯХ

ЦЕЛЬ УРОКА: Показать, какие превращения энергии происходят в системе, совершающей свободные колебания. Сделать запись колебаний.

ТИП УРОКА: комбинированный.

ОБОРУДОВАНИЕ: демонстрационный пружинный маятник, нитяной маятник. Ведерко с отверстием, песок, лист бумаги, камертон с острием, закопченная пластина, тисы, звукосниматель от гитары, осциллограф.



ПЛАН УРОКА:

1. Вступительная часть
2. Опрос
3. Объяснение
4. Закрепление
5. Задание на дом

II. *Опрос фундаментальный:* 1. Свободные гармонические колебания пружинного маятника. 2. Свободные колебания нитяного маятника.

Задачи:

1. Изготовить пружинный маятник, колебания которого будут происходить по закону: $x = 0{,}05$ м $\cdot \cos(2\pi t+\pi)$.
2. Каков период колебаний корабля водоизмещением 10000 т и площадью сечения 1000 м^2 на уровне ватерлинии? Решить через равнодействующую.
3. Стальной шарик массой 1 г подвешен на нити. Период малых колебаний такого маятника 1 с. Если снизу к шарику поднести магнит, то период колебаний станет 0,5 с. Найдите силу, действующую на шарик со стороны магнита.
4. Шарик, подвешенный на нити, качается в вертикальной плоскости. Величина ускорения шарика в положении наибольшего отклонения нити от вертикали в два раза меньше величины ускорения в момент прохождения положения равновесия. Найти угол наибольшего отклонения нити.

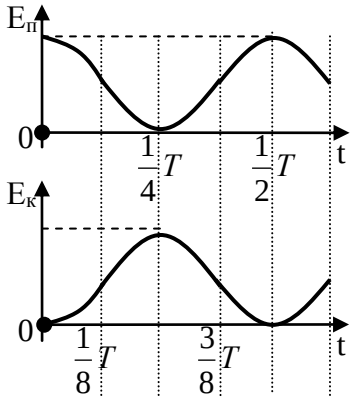
Вопросы:

1. Можно ли измерить массу тела при помощи пружинных весов в невесомости? Предложите несколько вариантов конструкции приборов для измерения массы тела в условиях невесомости.
2. В какой автомашине трясет меньше – пустой или нагруженной? Почему?
3. Две пружины с жесткостью k_1 и k_2, соединены один раз последовательно, второй раз параллельно. Во сколько раз будут отличаться периоды вертикальных колебаний груза на таких пружинах?
4. Почему у комаров в густом тумане уменьшается частота взмахов крылышками? Всё, что через него движется, со временем намокает (масса частиц)!
5. Как надо передвинуть чечевицу маятника при отставании часов?
6. Как с помощью секундомера и линейки определить жесткость пружины вертикального пружинного маятника?
7. Изменится ли период колебаний нитяного маятника от того, что его поместили в жидкость, вязкостью которой можно пренебречь? Как?
8. Чему равен период колебаний нитяного маятника в космическом корабле после выключения двигателей?
9. Ускорение свободного падения на поверхности Марса 3,7 м/с^2. Как и во сколько раз изменится период колебаний математического и пружинного маятника на Марсе по сравнению с Землей?
10. Длина маятника, половина периода колебания которого - одна секунда, как раз один метр. Почему такой эталон метра не используется при измерениях?
11. Изменится ли и как период колебаний математического маятника в лифте, ускоренно движущемся вверх?

12. Длина секундного маятника на экваторе меньше, чем на полюсе. Почему?
13. Почему доска на бревне может совершать колебания?
14. Как изменяется угол между ускорением и скоростью тела при гармонических колебаниях математического маятника?
15. Каким образом эффект перевернутого маятника используют в метрономе?
16. Насколько будут отставать маятниковые часы типа ходиков на Луне в течение земных суток?
17. На какую высоту над поверхностью Земли нужно поднять математический маятник, чтобы период его колебаний увеличился в 2 раза?

III. Демонстрация колебаний горизонтального пружинного маятника.

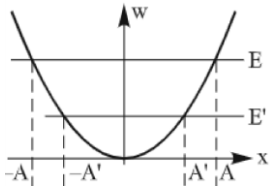
Мы совершили работу (растянули пружину), а пружина (аккумулятор) запасла энергию. Как будет изменяться потенциальная энергия пружины, если опустить груз? А кинетическая энергия груза? Изобразите примерные графики изменения потенциальной и кинетической энергии пружинного маятника на доске. Поскольку полная энергия неизменна, то можно приравнять максимальные значения кинетической и потенциальной энергии в разные моменты времени: $E = E_К + E_П = \frac{m\upsilon^2}{2} + \frac{kx^2}{2}$.



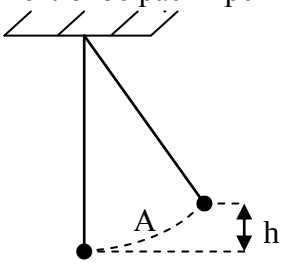
$E_П = \frac{E}{2}(1+\cos\frac{4\pi}{T}t)$; $E_К = \frac{E}{2}(1-\cos\frac{4\pi}{T}t)$ - (без вывода).

$E = \frac{kA^2}{2}$; $E = \frac{m\upsilon_m^2}{2}$. $\frac{kA^2}{2} = \frac{m\upsilon_m^2}{2} \to \upsilon_m = \omega A$.

График потенциальной энергии пружинного маятника от смещения. Полная энергия. Граничные точки: $E = \frac{kx^2}{2} \to x_{1,2} = \pm\sqrt{\frac{2E}{k}} = \pm A$.

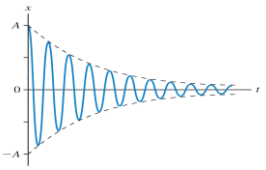


Возрастание амплитуды колебаний при увеличении полной энергии. Тепловое расширение тел.



Превращения энергии при колебаниях нитяного маятника. $E_п = mgh$; $E_К = \frac{m\upsilon^2}{2}$; $\upsilon_m = \sqrt{2gh}$. Почему период колебаний нитяного маятника не зависит от его массы, от амплитуды колебаний (на это обратил внимание еще Галилей, что привело к созданию маятниковых часов)?

Как влияет на колебательный процесс трение? Как будет изменяться амплитуда колебаний в этом случае? Запись свободных колебаний с помощью песочницы (демонстрация). «Автограф» маятника.



Демонстрация свободных колебаний зажатой в тисы пластины с помощью звукоснимателя и осциллографа. **Свободные колебания при наличии трения являются затухающими.** Каким образом можно увеличить затухание? Демонстрация

колебаний маятника с демпфером. Способы гашения колебаний.

IV. *Задачи*:

1. Тело массой 200 г, прикрепленное к невесомой пружине жесткостью 50 Н/м, совершает колебания. Его скорость в момент прохождения положения равновесия равна 0,5 м/с. Какова полная механическая энергия пружинного маятника? Какова его амплитуда колебаний?
2. Груз массой 10 г совершает колебания на нити длиной 1 м и обладает механической энергией 0,015 Дж. Чему равна амплитуда колебаний груза? Можно ли эти колебания считать гармоническими?
3. Вагон движется на пружинный упор со скоростью υ. В момент, когда скорость вагона обратилась в нуль, пружины сжались на длину *l*. За какое время это произошло?
4. Линейка массой m лежит на краю стола так, что одна четвертая ее часть выступает за край. К выступающему концу привязывают нить с укрепленным на ней грузом массой M. На какой минимальный угол надо отклонить нить с грузом от вертикали, чтобы при его последующих качаниях конец линейки, лежащей на столе, мог приподняться?

Вопросы:

1. Два одинаковых полых шара заполнены один водой, а другой песком и подвешены на нитях одной и той же длины. Шары отклонили на одинаковые углы. Будут ли равны периоды колебаний таких маятников? Одинаково ли долго они будут колебаться?
2. Откуда тело получает энергию при свободных колебаниях?
3. Как изготовить маятник с малым затуханием?
4. При использовании отвеса каждый раз приходится ждать, когда грузик займет устойчивое положение. Почему время ожидания уменьшается, если грузик опустить в банку с водой или с маслом?
5. Для чего продавец, выдавая покупателю хрустальную посуду, легко постукивает по ней стеклянной палочкой или карандашом?
6. Постройте график зависимости кинетической энергии горизонтального пружинного маятника от его потенциальной энергии, если его полная энергия E.
7. При отличающихся в 3 раза частотах вынужденных колебаний маятника их амплитуда одинакова. Во сколько раз отличаются их максимальные кинетические энергии в этих состояниях?
8. Маятник совершает гармонические колебания. Каково соотношение между кинетической и потенциальной энергиями маятника через 1/8 периода?
9. Почему Пизанская башня, выстроенная на мягком грунте в 1372 году, пережила много землетрясений и остается невредимой?
10. Почему паук, спускаясь с потолка, не закручивается на своей паутине?
11. Почему не принято чокаться бокалами с шампанским?

12. Грузику, подвешенному на нити длиной 1 м, сообщают горизонтальную скорость, в результате чего он начинает совершать гармонические колебания с амплитудой 10 см. Найдите начальную скорость грузика.

V. § 57.

1. Используя закопченную стеклянную пластинку, запишите колебания зажатой в тисы стальной пластины. Возможны ли другие способы записи колебаний?
2. Изменяется ли частота колебаний при их затухании?
3. Заполните прямоугольный сосуд (аквариум) водой и, слегка приподняв один его край, возбудите колебания вода. Опишите эти колебания и определите их частоту. Попробуйте получить формулу для частоты теоретически и сравните полученное значение с экспериментальным значением.
4. Экспериментально вывести закон затухания колебаний математического маятника в воздухе. Эксперимент желательно провести с тяжелым шариком массой 100 г, подвешенным на нити длиной 1 м. Начальное отклонение 20°.
5. Прикрепите нитяной маятник к горизонтально расположенному ободу велосипедного колеса и возбудите его колебания. Меняется ли плоскость колебаний маятника при равномерном вращении колеса. Можно ли это свойство маятника использовать для доказательства вращения Земли вокруг оси (маятник Фуко)?
6. Используя маятник и тарелку, попробуй смоделировать опыт Фуко.
7. В 1703 году был предложен способ достижения Луны с помощью гигантской пружины, один конец которой закреплен на Земле, а на другом расположено сиденье. Когда пружина распрямляется, ее свободный конец достигает поверхности Луны, и пассажир выходит на ее поверхность. Каковы достоинства и недостатки этого проекта?
8. Капля воды, помещенная на горячую поверхность, может сохраняться в течение нескольких минут. Это явление называется эффектом Лейденфроста. При определенных условиях капля может совершать колебательные движения и образовывать звездчатые формы. Получите различные режимы колебаний и исследуйте их.
9. Из ванны вытекает вода. Если поместить теннисный шарик вблизи сливного отверстия, то он начнет колебаться. Исследуйте и объясните явление.

Удлинялись причудливо тени,
И казалось: внимая словам
Неотступно гудели ступени
И пустой резонировал храм.
В.М. Сидоров

Урок 84/7. ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ. РЕЗОНАНС.

Мы часто мы слышим: "Это событие вызвало большой резонанс в обществе". Как это понимать?

ЦЕЛЬ УРОКА: Развить представления учащихся о колебательных процессах, познакомить с явлением резонанса, способах “борьбы” с ним и полезными применениями в технике.

ТИП УРОКА: комбинированный.

ОБОРУДОВАНИЕ: горизонтальный пружинный маятник, электродвигатель, секундомер, модель жилого дома с микроэлектродвигателем.

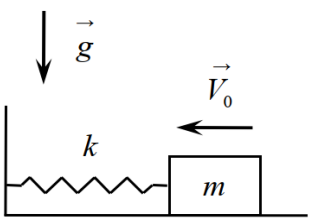
ПЛАН УРОКА:

1. Вступительная часть
2. Опрос
3. Объяснение
4. Закрепление
5. Задание на дом

II. *Опрос фундаментальный:* 1. Превращения энергии при колебаниях пружинного маятника. 2. Превращения энергии при колебаниях нитяного маятника.

Задачи:

1. Груз массой 300 г на конце пружины совершает 3 колебания в секунду с амплитудой 0,18 м. Вычислите полную энергию системы. Определите кинетическую и потенциальную энергию данного пружинного маятника в тот момент, когда его смещение равно половине амплитуды.
2. Горизонтальный пружинный маятник массой 0,2 кг и жесткостью 20 Н/м совершает колебания. Через какое время после его максимального отклонения кинетическая энергия маятника станет равной его потенциальной энергии?
3. Брусок, прикрепленный к пружине, совершает колебания с амплитудой A = 5 см на гладком горизонтальном столе. Его максимальная скорость равна υ_m = 1,3 м/с, а энергия W = 0,25 Дж. Найдите массу бруска, коэффициент жесткости пружины и период колебаний.
4. На нерастянутую пружину с жесткостью k подвесили груз массой m и отпустили. Груз начал колебаться, но постепенно колебания затухли. Определите количество энергии, перешедшей в тепло.
5. Человек массой 80 кг качается на качелях. Амплитуда его колебаний 1 м. За 1 мин он совершает 15 колебаний. Найти максимальную высоту подъема, а также кинетическую, потенциальную энергию, смещение и скорость через 1/12 периода.
6. Сила 5 мН, действуя на груз массой 20 г, прикрепленный к горизонтальной пружине, вызывает его смещение на 5 см от положения равновесия. Какую максимальную скорость приобретет груз после прекращения действия силы?
7. На горизонтальном столе стоит брусок массой m = 2 кг, прикреплённый к вертикальной стене невесомой недеформированной пружиной жёсткостью k = 15 Н/м. Коэффициент трения скольжения бруска по столу μ = 0,1. Коротким ударом бруску сообщают скорость V_0 = 0,8 м/с, направленную вдоль пружины влево. Найдите смещение бруска, прошедшее от начала движения до момента, когда скорость бруска обратится в нуль.



Вопросы:

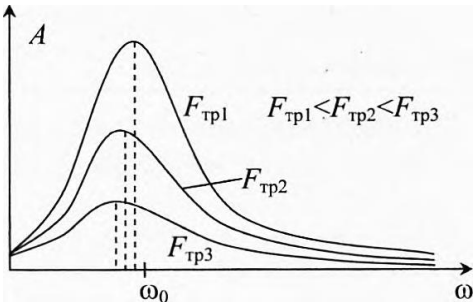
1. Какой маятник будет качаться дольше в вакууме − из дерева или из металла?
2. Для чего делают рессоры у автомобилей?
3. Тело, подвешенное на пружине, совершает гармонические колебания с частотой 3 Гц. С какой частотой изменяется кинетическая энергия тела?

4. Медный и алюминиевый шары одинакового объема колеблются на одинаковых пружинах. Колебания какого из пружинных маятников затухнут раньше? Будут ли равны периоды их колебаний?
5. Объясни тамильскую пословицу: «Медный сосуд звенит, а глиняный молчит».
6. Почему при проверке колес вагонов во время остановки поезда их обстукивают молотком?
7. Если нитяной маятник раскачивается и медленно опускается, то возрастает амплитуда его колебаний. Почему?
8. Как изменяется период колебаний при их затухании (аналогия с шариком, который уронили на горизонтальную плиту)?
9. Зависит ли энергия колебаний от частоты колебательного процесса?
10. Зависит ли период колебания качелей от того, как качаются на них: стоя или сидя?

III. Мы часто слышим слово резонанс: «общественный резонанс», «событие, вызвавшее резонанс», «резонансная частота». Так что такое резонанс? Чем связаны между собой гудение проводов линии электропередачи и неожиданное дребезжание посуды в шкафу, подскоки на трамплине прыгуна в воду и настройка радиоприемника, звучание музыкальных инструментов и раскачивание вытаскиваемой из грязи машины. А еще раздражающее "пение" водопровода и вращение гимнасткой обруча вокруг талии, раскалывание бокала при взятии певцом высокой ноты и разрушение гигантских мостов под действием ветра?

Вынужденными называют колебания, происходящие под действием внешней периодической силы (демонстрация). **Вынужденные колебания: происходят с частотой внешней периодической силы, незатухающие, прекращаются после прекращения действия внешней силы.**

Примеры: колебания поршня в цилиндре двигателя, крыльев самолета, кораблей под действием волн, валов электродвигателей, проводов линий элекропередач. Амплитуда колебаний вершины Останкинской башни в Москве при сильном ветре около 2,5 м.



Какие из названных систем могут совершать свободные колебания? Эти системы нас и будут интересовать! Как происходят вынужденные колебания в системе, обладающей собственной частотой колебаний? Постоянна ли амплитуда этих колебаний или зависит от частоты и других факторов? Пример самой простой системы - горизонтальный пружинный маятник. Измерение собственной частоты колебаний маятника. Каким образом в этой системе можно возбудить

вынужденные колебания (используем электродвигатель с проволочкой, прикрепленной к шкиву-кулачку). Опыт начинать с малой частоты, постепенно ее увеличивая. С какой частотой происходят колебания в системе? Колебания происходят с частотой внешней периодической силы. Выяснение зависимости амплитуды вынужденных колебаний в системе от частоты (три-четыре измерения с записью результатов на доске).

Амплитуда вынужденных колебаний в системе зависит от частоты внешней периодической силы, причем при совпадении этой частоты с собственной частотой наблюдается явление резонанса: $\nu_{рез} = \nu_o$.

Резонанс (отклик системы на определенную частоту) – **резкое возрастание амплитуды вынужденных колебаний в системе при совпадении частоты внешней периодической силы с частотой собственных колебаний.**

Наиболее известная большинству людей механическая резонансная система — это обычные качели. Если подталкивать качели в определённые моменты времени в соответствии с их резонансной частотой, размах движения будет увеличиваться, в противном случае движения будут затухать. Под действием резонанса колебательная система оказывается особенно отзывчивой на действие внешней силы. Степень отзывчивости в теории колебаний описывается величиной, называемой **добротностью**. При помощи резонанса можно выделить и/или усилить даже весьма слабые периодические колебания. Явление резонанса впервые было описано Галилео Галилеем в 1602 г. в работах, посвященных исследованию маятников и музыкальных струн.

Дополнительная информация. Охота на медведя и резонанс. Медведи любят лакомиться медом диких пчел, а охотник подвешивает на веревке тяжелый чурбан так, чтобы он мешал медведю достать мед. Зверь толкает чурбан лапой, тот приходит в колебательное движение и на обратном ходу ударяет медведя. Медведь злится и еще сильнее бьет по чурбану, а чурбан – по медведю. Постепенно размах колебаний растет, и на каком-то из них сраженный чурбаном медведь падает вниз прямо к охотнику.

Резонанс в физике представляет собой тенденцию чего-либо - будь то маятник, камертон, струна, винный бокал, барабанная кожа, стальная балка, атом, электрон, ядро или даже столб воздуха - сильнее вибрировать при определенных частотах. Их называют резонансными частотами (или частотами собственных колебаний). На резонансных частотах объекты действительно с наибольшей эффективностью используют прилагаемую к ним энергию.

Лирическое отступление. Почему юноша с девушкой любят друг друга, то есть общаются друг с другом с большой амплитудой, а с другими, возможно, даже более яркими, личностями общаются значительно слабее? Однако встречаются люди, у которых много собственных частот. Поэтому они могут любить нескольких человек одновременно (или в порядке очереди).

Может ли возникать явление резонанса в технических системах? Пример с моделью дома (демонстрация). Центровка и балансировка валов. Примеры разрушений: 1) В 1831 году в Манчестере 60 человек разрушили Браутонский мост через реку Ирвель; 2) В 1868 году в Чатаме рухнул мост на опорах при прохождении отряда Британской морской пехоты; 3) В 1850 году Анжерский подвесной мост был разрушен батальоном французской пехоты; 4) Мост через Токомский залив**.**

Резонанс опасен! Какие способы можно предложить для гашения нежелательных колебаний?

- **Изменение частоты возбуждающих колебаний.** "Расстроить шаг", скорость движения поезда по мосту.

Чтобы действовать согласованно, вовсе не обязательно осознавать свои действия. Граждане так же могут разрушить мост - шаги сами корректируются под большинство. Существует множество подобных явлений в социальных и финансовых системах.

- **Специальное увеличение трения в системе.** Демпфер, гасители Стокбриджа, рессоры, заклепки, кирпичная обкладка. Почему не болит голова у дятла, который за день наносит по дереву 12000 ударов?
- **Отстройка системы путем такого изменения собственных частот, чтобы они не совпадали с частотой возбуждения** (опыт с маятником).
- **Перенос интенсивных колебаний в те места, где они не могут принести значительных разрушений.** Динамические гасители колебаний.

Пример с дребезжанием оконного стекла от проезжающего мимо автобуса. Как ослабить вредные последствия резонанса?

- Прилепить к стеклу кусочек пластилина (рассогласование частот).
- Промазать стыки стекла замазкой или обклеить полосками бумаги (специальное увеличение трения в системе).
- Попросить водителя, чтобы ездил с другой скоростью или по другой улице (изменение частоты возбуждающих колебаний или их перенос в те места, где они не могут принести значительных разрушений).

У каждого явления есть свои вредные последствия (атомная бомба), так и полезные применения (ядерный реактор). Полезные применения резонанса: радио, телевидение, скрипка Страдивари, на которой играл Паганини, восприятие звука.

Дополнительный материал (измерение малых масс): Изготовленный из кремния крошечный кронштейн (аналогия с трамплином для прыжков в воду) имеет в длину 4 мкм и 0,5 мкм в ширину. Без нагрузки он колеблется с частотой 10 – 15 МГц. Если на него положить небольшой груз, то частота колебаний уменьшается примерно на 50 Гц с каждым аттограммом (10^{-18} г) массы. Собственную частоту колебаний кронштейна с образцом определяют, воздействуя на него переменным электрическим полем. Как только наступает резонанс, и амплитуда колебаний резко увеличивается (отмечает отраженный лазерный луч), подачу тока прекращают.

Обобщающее повторение по таблице "Резонанс", демонстрация кинофрагмента "Резонанс".

IV. *Задачи:*

1. Через ручей переброшена длинная упругая доска. Когда мальчик стоит на ней неподвижно, она прогибается на 0,1 м. Когда же он идет со скоростью 3,6 км/ч, то доска начинает так раскачиваться, что он падает в воду. Какова длина шага мальчика?
2. К концу пружины маятника, груз которого имеет массу 1 кг, приложена переменная сила, период колебаний которой равен 0,5 с. Будет ли при этом наблюдаться резонанс, если жесткость пружины 100 Н/м?
3. Автомобиль массой 1,8 т при движении по неровной дороге совершает гармонические колебания в вертикальном направлении с периодом 0,80 с и амплитудой 20 см. Определите максимальную силу давления, действующую на каждую из четырех рессор автомобиля.

4. Ведра с водой на коромысле имеют частоту собственных колебаний 0,625 Гц. При какой длине шага вода будет особенно сильно выплескиваться, если человек с ведрами движется с постоянной скоростью 2,7 км/ч? Если положить на воду в ведре деревянный кружок, то вода при ходьбе не расплескивается. Почему?

Вопросы:

1. Катер, плывущий по морю, начинает сильно раскачиваться, хотя волны сравнительно не высокие. Капитан изменяет курс катера и его скорость. Удары волн о катер становятся при этом в два раза чаще, но, тем не менее, размах колебаний катера значительно уменьшается. Объясните.
2. Чем свободные колебания отличаются от вынужденных колебаний?
3. Казалось бы, стреляя из рогатки в мост в такт его собственным колебаниям и сделав очень много выстрелов, его можно сильно раскачать, однако это вряд ли удастся. Почему?
4. Почему у топора ручка деревянная?
5. Будет ли наблюдаться резонанс, если частота внешней периодической силы будет кратна резонансной частоте?
6. При ходьбе чашка с чаем слегка колеблется в руке. Если частота этих колебаний совпадает с собственной частотой колебания чая в чашке, то наступит резонанс. Как его предотвратить или ослабить?
7. Почему качка корабля отстаёт от волн на 90^0 по фазе?
8. Приведите наибольшее количество примеров полезного и вредного проявлений резонанса. Явление резонанса — это вредное или полезное явление?
9. Какое явление нельзя объяснить резонансом?
   - Высвобождение из плена застрявшего автомобиля, раскачивая его.
   - Усиление звука струны деревянным корпусом гитары.
   - Раскачивание качелей.
   - Разрушение мостов.
   - Раскачивание тяжелого языка церковного колокола.
10. При какой частоте вращения турбины массы m на валу с жесткостью k наступает явление резонанса?
11. Если к вертикальной пружине подвесить легкое ведерко и равномерно капать в него с высоты воду из капельницы, то стаканчик вначале неподвижен, спустя некоторое время заметно раскачивается, а затем – успокаивается. Почему?
12. От чего зависит резонансная частота колебательной системы?

V. § 57. Упр. 33

1. Если добавить второй груз к грузу горизонтального пружинного маятника, соединив его пружинкой с первым, то будут ли в этой системе резонансы? Сколько?
2. Составьте обобщающую таблицу "Резонанс", используя рисунки, чертежи и текстовый материал.

3. Чтобы удержать в равновесии открытую дверь в вестибюле метро, нужно приложить к ручке двери силу 50 Н. Почему? Можно ли открыть дверь силой 1 Н, приложенной к той же ручке? Трение в петлях двери мало.
4. Грузовики въезжают по грунтовой дороге на зерновой склад с одной стороны, разгружаются и выезжают со склада с той же скоростью, но, с другой стороны. С одной стороны склада выбоины на дороге идут чаще, чем с другой. Как по состоянию дороги определить, с какой стороны склада въезд, а с какой выезд?
5. Можно ли рассматривать движение ноги при ходьбе как колебательный процесс? Почему необходимо прикладывать дополнительное усилие при убыстрении или замедлении ходьбы?
6. Предложите модель быстро «успокаивающихся» рычажных весов, медленно «успокаивающихся» весов. Какие из них более чувствительны?
7. Почему доска на бревне совершает колебания? Будет ли совершать колебания доска на оси, радиус которой стремится к нулю? От чего зависит частота этих колебаний?
8. Голландский ученый Христиан Гюйгенс открыл в XVII веке явление синхронизации: он выяснил, что пара маятниковых часов, висящих на общей опоре, синхронизируется между собой, то есть колебания их маятников начинают совпадать. Попробуйте воспроизвести опыт с двумя нитяными маятниками одинаковой длины.
9. Говорят, что великий тенор Энрико Карузо мог заставить бокал разлететься вдребезги, спев в полный голос ноту надлежащей высоты. Проверьте свои способности и объясните явление.

Не делай ничего наугад, а только по правилам искусства.

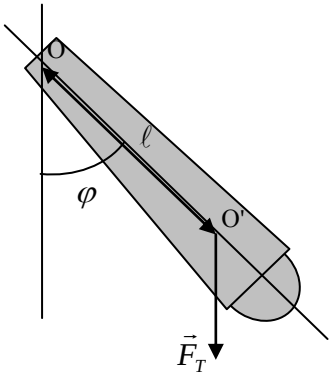
Марк Аврелий

Если к маятнику (Биг-Бена) прилепить старый английский пенни, длительность его качания увеличится суммарно на две пятых секунды в день. В том, какое воздействие окажет на него евро, мы пока не разобрались.

«твейтс энд рид», 2001 (Компания, занимающаяся техническим обслуживанием БигБена)

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ: ФИЗИЧЕСКИЙ МАЯТНИК.

Физическим маятником в отличие от идеализированного математического маятника, **называют реальное твердое тело, способное совершать колебания.** Центр масс тела находится в точке O' на расстоянии l от точки опоры. Момент силы, действующей на тело, равен $M = -\,mgl\sin\varphi$ (угол поворота положителен, а проекция момента силы отрицательна). Исходя из основного уравнения динамики вращательного движения, имеем: $M=I\cdot\varepsilon$ и $\varepsilon = \frac{M}{I} = -\frac{mgl}{I}\varphi$ ($\sin\varphi \approx \varphi$). Это уравнение идентично уравнению для гармонических колебаний $a_x = -\omega^2 x$ (аналогия между x и φ, a_x и ε). Тогда $\omega = \sqrt{\frac{mgl}{I}}$ и $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\cdot\pi\sqrt{\frac{I}{mgl}}$.



При малых углах поворота колебания физического маятника гармонические.

Закон изменения угла поворота с течением времени: $\varphi = \varphi_m \cos(\sqrt{\frac{mgl}{I}}t + \varphi_0)$.

Закон изменения угловой скорости: $\omega = -\varphi_m\sqrt{\frac{mgl}{I}}\sin(\sqrt{\frac{mgl}{I}}t + \varphi_0)$.

Закон изменения углового ускорения: $\varepsilon = -\varphi_m\frac{mgl}{I}\cos(\sqrt{\frac{mgl}{I}}t + \varphi_0)$.

Задача: Чему равен период колебаний стержня массой m и длины l, закрепленного на одном из концов?

Измерение момента инерции. Способ измерения момента инерции тела относительно любой оси состоит в измерении периода колебаний этого тела относительно этой оси.

Задачи и вопросы:

1. Центр тяжести неоднородной палки массой 1,6 кг расположен на расстоянии 42 см от одного из ее концов. Если заставить палку качаться вокруг оси, проходящей через этот конец, то частота свободных колебаний палки будет равна 2,5 Гц. Чему равен момент инерции палки относительно этой оси?
2. Физический маятник в виде невесомого стержня длиной L, на концах которого закреплены два одинаковых небольших груза. На каком расстоянии от центра стержня необходимо сделать точку подвеса, чтобы частота колебаний системы была максимальной? $x \to L/2$
3. Зависит ли период колебания качелей от того, как качаются на них: стоя или сидя?
4. Тонкий прямой однородный стержень длиной 1 м и массой 160 г подвешен за конец на оси. Чему равен период его малых колебаний? Какова длина математического маятника, имеющего такой же период?
5. Галилеем была предложена и решена такая задача: «Внутри высокой и темной башни подвешена проволока так, что верхний ее конец не виден, а нижний различим вполне. Как определить длину такой проволоки?»
6. Сплошной однородный диск с радиусом 10 см колеблется около оси, перпендикулярной к плоскости диска и проходящей через его край. Какой длины должен быть математический маятник, имеющий тот же период колебаний, что и диск?
7. В какой точке следует подвесить однородный стержень дайны l, чтобы частота его колебаний, как физического маятника, была максимальна? Чему равна эта частота?
8. Тонкий однородный стержень массой m подвешен за один конец и качается с частотой ν. Если к свободному концу прикрепить маленький шарик массой $2m$, то, как изменится частота колебаний?
9. Исследуйте зависимость периода малых колебаний линейки от выбора ее точки подвеса. Дайте теоретическое объяснение наблюдаемой зависимости.
10. Утверждают, что если поворачивать стул, на котором закреплен нитяной маятник, то он не изменит плоскости своих колебаний. Так ли это?
11. Как сделать устойчивым положение физического маятника, в котором его центр тяжести расположен выше точки опоры (гироскопический эффект или другие способы).

Все мира явленья, все жизни стремленья –
Лишь эхо физических сил;
От их пробужденья приходят в движенье
Плеяды небесных светил.
Николай Морозов

«Время воздвигло горы из песчинок и возвысило до степени человеческого достоинства безвестную клетку геологических эпох».
Гюстав Лебон «Психология народов и масс»

Посижу у широкой реки, брошу камень в холодную заводь.
Пусть бегут в бесконечность круги, как в себя обращенная память.
А. Тихомиров

Урок 85/8.

ВОЛНОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ

ЦЕЛЬ УРОКА: Познакомить учащихся с основными особенностями волнового движения (основными свойствами волн).

ТИП УРОКА: комбинированный.

ОБОРУДОВАНИЕ: спиральная пружина, волновая машина, связанные маятники.

ПЛАН УРОКА:

1. Вступительная часть
2. Опрос
3. Объяснение
4. Закрепление
5. Задание на дом

II. *Опрос фундаментальный:* 1. Вынужденные колебания. 2. Резонанс.

Задачи:

1. При каких скоростях поезда можно ожидать особенно сильное раскачивание шарика, подвешенного на нити длиной 80 см? Расстояние между стыками рельсов 20 м.
2. Доска совершает гармонические колебания в горизонтальном направлении с периодом 5 с. Лежащее на ней тело начинает скользить, когда амплитуда колебаний достигает 0,6 м. Каков коэффициент трения скольжения между грузом и доской?
3. Горизонтальная мембрана совершает вертикальные гармонические колебания с циклической частотой ω амплитудой A. На мембране лежит маленький груз. При каком условии груз будет колебаться вместе с мембраной и, при каком он начнет подскакивать?

Вопросы:

1. В окнах, под которыми проезжают машины, нередко назойливо дребезжат

стекла. Это неприятное явление можно значительно ослабить, если в центре стекла прикрепить кусочек пластилина. Как объяснить этот эффект?

2. Тяжелый язык большого колокола может раскачать даже ребёнок. Почему?
3. Если нести груз на веревочной петле, то при определенном темпе ходьбы груз начнет сильно раскачиваться? Почему? Какова длина петли, если скорость движения 6 км/ч?
4. Если к вертикальной пружине подвесить легкое ведерко и равномерно капать в него с высоты воду из капельницы, то стаканчик вначале неподвижен, спустя некоторое время заметно раскачивается, а затем – успокаивается. Почему?
5. Если положить на воду в ведре деревянный кружок, то вода при ходьбе не расплескивается. Почему?
6. Что вы вообще знаете о маятниках?
7. Почему падающие капли дождя вибрируют, и у них периодически изменяется форма?
8. Назовите физические объекты:
   - Груз, подвешенный к вертикальной пружине;
   - Шарик, подвешенный на нити;
   - Твердое тело, способное совершать колебания;
   - Груз, прикрепленный к горизонтально расположенной пружине;
   - Материальная точка, подвешенная не невесомой и нерастяжимой нити.
9. На длинной горизонтальной нити подвешено несколько нитяных маятников, два из которых имеют одинаковую длину. Какое явление мы наблюдаем в данном опыте?

III. Важность изучения волн: звук, свет, волны на поверхности воды, электроны

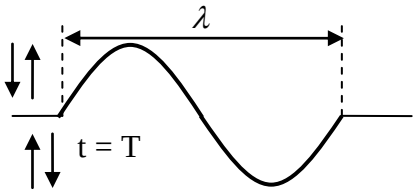
и другие частицы вещества. Самые простые волны - **волновые импульсы. Источники волн – любые колеблющиеся объекты.** Волновой импульс от поплавка на поверхности воды. Волновые импульсы на резиновом шнуре и на спиральной пружине (демонстрация). Волновой импульс, распространяющийся по пружине, передает энергию руке, которая держит конец пружины. Почему передняя часть волнового импульса поднимается, а задняя часть опускается?

Другие примеры: воздушный волновой импульс (передача «информации» болельщикам на трибуне стадиона, коронация императрицы Елизаветы), последовательное падение костяшек домино в ряду. Пуская «волну» по стадиону, болельщики сами никуда не бегут, просто встают и садятся в свой черед, а «волна» (в Великобритании это явление принято называть «мексиканской волной») бежит вокруг трибун. Если передний водитель в колонне резко ударил по тормозам, то резкое торможение распространится в виде волны назад по цепочке машин, и такая волна уже будет заметна для наблюдателя, находящегося на обочине. Эта волна – «волна трафика», или «стоп-волна».

Свойства волновых импульсов*:*

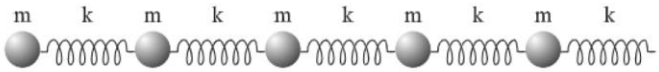
1. **Главное свойство волновых импульсов (волн) заключается в их способности проходить друг через друга, не изменяя своей формы.**
   Частицы данным свойством не обладают. *"Большая собака не мешает тявкать маленькой". А.П. Чехов.* **Принцип суперпозиции** (Т. Юнг, 1800 г). Как определить результирующее смещение в точке, вызываемое несколькими волновыми импульсами в отдельности? Примеры независимости распространения звуковых волн, волн на поверхности воды, света, радиоволн.
2. **Отражение волновых импульсов от жестко закрепленного конца** (рисунок и демонстрация). После отражения волновой импульс переворачивается и распространяется обратно!
3. **Прохождение волновых импульсов из менее жесткой среды в более жесткую среду** (демонстрация). Волновой импульс делится надвое: один проходит в более жесткую среду и не переворачивается, а другой переворачивается и распространяется обратно!
4. **Прохождение волновых импульсов из более жесткой среды в менее жесткую среду** (демонстрация). Волновой импульс делится надвое: оба волновых импульса не переворачиваются.

Как получить одиночный волновой импульс, перевернутый волновой импульс, **волну (два и более волновых импульса)**? Как необходимо перемещать начальную точку шнура, чтобы получить волну, "мгновенный фотоснимок" которой изображен на рисунке? Пучности и впадины. Колебания - источник волны.



Длина волны (λ) - расстояние, на которое распространяется волна за время, равное периоду колебаний. Если, оседлав волну, вы сместитесь на любое целое число длин волн вперед или назад вдоль нее, то для вас ничего не изменится. Почему? **Скорость распространения волны:** $\upsilon = \frac{\lambda}{T} = \lambda\nu$. Как только волна пошла, скорость ее распространения определяется только свойствами среды, в которой она распространяется, - источник же волны никакой роли больше не играет.

У волны четыре свойства: амплитуда A, длина волны λ, частота ν и скорость υ.



Причина образования волн - силовые связи между частицами среды (демонстрация с нитяными маятниками).

Механической волной называется процесс распространения колебаний в упругой среде, которые переносят энергию, удаляясь от места своего возникновения. Поперечные и продольные волны (демонстрации).

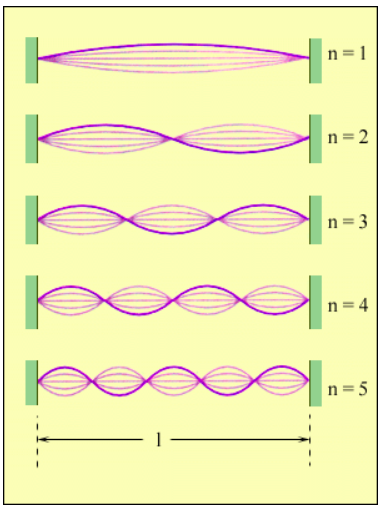
Если пружина достаточно массивна, то она может вызывать колебания и сама, стоит только их возбудить.

Чем отличается процесс распространения волны от движения кирпича (волна от частицы)?

- **Волны переносят энергию, но вместе с волной не переносится вещество среды, через которую волна распространяется** (способ переноса энергии без переноса вещества)**.** Не перемещаются по полю колосья, когда «волнуется» нива, они только наклоняются и опять выпрямляются.
- **Волновой процесс захватывает, как правило, значительную область пространства** (если малую, то различий почти нет).

Механические волны в природе: морские волны (гравитационные и капиллярные), морской прибой, сейсмические волны, звуковые волны. При землетрясениях в толще Земли распространяются как поперечные (S – волны), так и продольные волны (P – волны). Поперечные волны распространяются только в твердых телах, продольные - в газах, жидкостях и твердых телах. Какой вывод можно сделать на основании того, что в диаметральном направлении Земли проходят только продольные волны?

Стоячие волны, возникающие на шнуре (демонстрация). Точки, в которых амплитуда волны максимальна, называют **пучностями** стоячей волны. **Узлы.** Расстояние между соседними узлами $l = \lambda/2$. Колебания всех точек в пучности происходят в одинаковой фазе, в соседних пучностях - сдвинуты по фазе на π. **Основной тон и обертоны (моды).** Стоячая волна не переносит энергию. Поэтому же принципу работает скакалка. Если вы когда-нибудь держали ее за один конец, то знаете, что чтобы раскрутить скакалку ровной красивой дугой, потребуется некоторое время. Главное в этом движении то, что вы раскачиваете скакалку вверх-вниз или взад-вперед, производя колебания. В определенный момент скакалка начинает легко вертеться красивой дугой, и, чтобы поддерживать этот процесс, вам достаточно едва двигать кистью.



В крупных водоемах такие волны имеют период колебаний несколько часов (сейши).

IV. *Задачи:*

1. Летучие мыши и дельфины излучают звуки одинаковой частоты порядка 10^5 Гц. Какой длины волны они создают, если скорость звука в воздухе 340 м/с, а в воде 1500 м/с?

Столь короткая длина звуковых волн, издаваемых дельфинами, означает, что их механизм эхолокации позволяет до мельчайших подробностей распознавать форму объектов, находящихся перед дельфином. Может ли дельфин обнаружить муху, упавшую в воду?

2. Какое расстояние пройдет звуковая волна частотой 0,44 кГц и длиной волны 72 см за промежуток времени 3,0 с?
3. Типичная океанская волна имеет длину 160 м и движется со скоростью 60 км/ч. Какова ее частота?
4. Человек, стоящий на берегу моря, определил, что расстояние между следующими друг за другом гребнями волн равно 8 м. Кроме того, он подсчитал, что за 60 с мимо него прошло 23 волновых гребня. Определите скорость распространения волны.
5. Считая скорости S и P – волны равными соответственно 9 и 5 км/с,

определите расстояние до очага (гипоцентра) от сейсмической станции, которая зарегистрировала приход этих волн с интервалом 2 мин.

Точка на поверхности земли, расположенная прямо над гипоцентром, известна как эпицентр землетрясения. Направление на эпицентр землетрясения определяю по горизонтальному смещению грунта в Р – волне. Есть еще два типа сейсмических волн, которые являются более медленными и передаются только по поверхности Земли. Эти волны вызывают сотрясение грунта и его сдвиги, приводят к разрушительным последствиям землетрясений.

Вопросы:

1. Почему волновой импульс переносит информацию, а синусоидальная волна нет?
2. Объясните происхождение пульсовой волны, распространяющейся по кровяному руслу. Какова ее частота и длина волны?

При каждом сокращении левого желудочка сердца в аорту, уже заполненную кровью под определенным давлением, выталкивается 60—70 см^3 крови. Затем клапаны желудочка закрываются. Поступивший в аорту дополнительный объем крови растягивает стенки, и давление в ней повышается. Сокращаясь, стенки аорты проталкивают кровь в последующие звенья сосудистой системы (артерии и артериолы), стенки которых в свою очередь сначала растягиваются, а затем сокращаются. В результате по сосудам пробегает волна растяжения и сокращения стенок, которая обнаруживается как пульсация сосудов.

3. Почему причиной возникновения волн в море является ветер?

Подует ветер – и встает волна.
Стихает ветер, и волна спадает.
Они, должно быть, старые друзья,
Коль так легко друг друга понимают.
Ки - но Цираюки

4. Дайте определение волны.
5. Леонардо да Винчи писал: "Если ты, будучи в море, опустишь в воду отверстие трубы, а другой конец приложишь к уху, то услышишь идущие вдали корабли". Объясните.
6. Зажимая струну гитары пальцем, мы как бы уменьшаем ее длину, почти не меняя натяжения. Как вы думайте, что происходит с высотой звука?
7. Почему стена пузырьков, поднимающихся вверх из расположенной на дне трубы, становится непреодолимой преградой для морских волн?

V. §§ 58-59. Упр. 34.

1. Китай обладает новым видом оружия - геофизическим. Если все население Китая одновременно спрыгнет с двухметровых платформ, то в Земле начнет распространяться ударная волна. Прыгая снова всякий раз, как эта волна будет проходить через Китай (каждые 53-54 мин), китайцы могут усилить ее до такой степени, что она может разрушить отдельные сейсмически опасные районы. Так ли это?
2. Встаньте в круг, возьмитесь за руки и пусть один из вас присядет и выпрямится, следующий за ним сделает это с некоторым запозданием, следующий – с большим запозданием и так далее. Тогда по кругу побежит волна. От чего зависит скорость такой волны?
3. Каким образом суммарное воздействие силы гидродинамического давления и силы гравитационного притяжения приводит к возникновению волн на поверхности жидкости?
4. Какими способами можно обнаружить атомную подводную лодку в Мировом океане?
5. Костяшки домино поставьте вертикально в ряд на некотором расстоянии друг от друга.

Если уронить первую из них, то она уронит следующую и т.д. Измерьте скорость распространения этого волнового импульса и выясните, от чего она зависит.

Бросая в воду камешки, смотри на круги, ими образуемые, иначе такое бросание будет пустою забавою.

Козьма Прутков

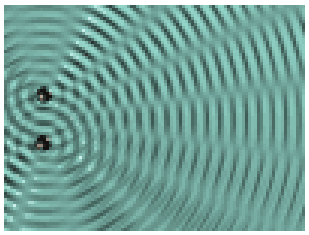
Урок 86/5.

ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ ВОЛН

ЦЕЛЬ УРОКА: Познакомить учащихся с явлением интерференции волн и научить их определять длину волны по наблюдаемой интерференционной картине.

ОБОРУДОВАНИЕ: волновая ванна с принадлежностями, осветитель для теневого проецирования, штатив.

ПЛАН УРОКА:



1. Вступительная часть
2. Опрос
3. Объяснение
4. Закрепление
5. Задание на дом

II. *Опрос фундаментальный:* 1. Свойства волновых импульсов. 2. Волны.

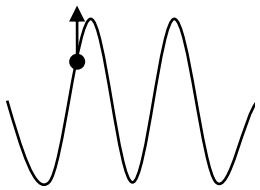
Задачи:

1. На озере в безветренную погоду с лодки бросили тяжелый якорь. От места падения якоря пошли волны. Человек, стоящий на берегу, заметил, что волна дошла до него за 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?
2. По поверхности озера бегут волны со скоростью 2 м/с. Моторная лодка движется навстречу волнам со скоростью 5 м/с. С какой частотой бьются волны о нос лодки, если поплавок на поверхности воды колеблется с частотой 0,5 Гц?

Когда от берега вы движетесь в том направлении, откуда приходят волны, то чувствуете, что лодка быстро качается под ударами волн. Но когда вы направляетесь обратно к берегу, качка заметно уменьшается. Почему?

Вопросы:

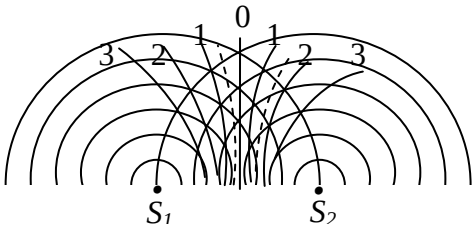
1. Какова частота дыхания? Какова частота вашего пульса?
2. Если в волновую ванну капнуть несколько капель жидкости для мытья посуды, то картина становится четче. Почему?
3. В некоторой среде распространяется волна. За время, в течение которого частица среды совершает 140 колебаний, волна распространяется на расстояние 110 м. Найти длину волны.
4. Какова длина и каков период приливной волны? Какова её скорость?
5. Какие волны мы будем наблюдать, если коснемся ножкой звучащего камертона поверхности воды в волновой ванне?
6. В бегущей поперечной волне частица А имеет направление скорости, указанное на рисунке. В каком направлении движется волна?



7. Струна звучит с частотой 400 Гц. В каком месте и как следует задержать движение струны, чтобы она звучала с частотой: 1) 800 Гц; 2) 2000 Гц?
8. Если в минуту мимо вас проходит 10 вагонов, то чему равна частота их следования?
9. Почему падающие в лужу капли дождя становятся источниками волн (аналогия с падающим на резиновую мембрану клейким шариком).
10. Каким образом по городу может распространяться волна слухов? Какова наибольшая скорость распространения этой волны?

III. Волны в среде. **Плоская волна** (рисунок). Почему волна называется плоской? **Волновая поверхность и луч**. Демонстрация распространения плоских волн на поверхности воды, связь между длиной волны и частотой. Круговые и сферические волны (демонстрация). В бегущей волне энергия складывается из равных долей кинетической и потенциальной энергии. Цель урока - познакомиться с одним из интереснейших явлений - **интерференцией волн.** Для этого необходимы два источника волн, колеблющихся с одинаковой частотой и постоянной разностью фаз (**когерентные источники**).

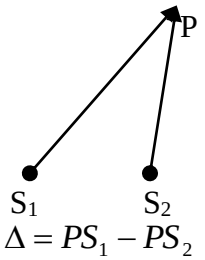
Пусть каждый из них совершил 7 полных колебаний, после чего мы сделали мгновенный фотоснимок наблюдаемой картины. Центральная линия. Двойные гребни и двойные впадины вдоль центральной линии. Есть ли еще направления, вдоль которых происходит усиление колебаний? Линии максимума на рисунке. А что будет наблюдаться между двумя соседними линиями максимума? Ослабление?! Узловые линии на рисунке. Демонстрация интерференции водяных волн.

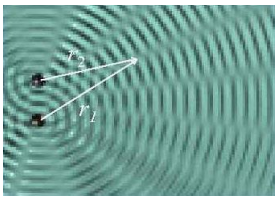


Разность хода волн до точки наблюдения, лежащей на n-ой узловой линии:

$\Delta_n = (n - \frac{1}{2})\lambda$, где $n = 1,2,3....$

Интерференцией называется явление наложения волн одинаковой природы друг на друга, в результате которого вдоль одних направлений происходят колебания удвоенной амплитуды, а вдоль других она равна нулю. Что можно определить по наблюдаемой интерференционной картине? Разность хода волн (рисунок на доске). Разность хода волн до точки наблюдения, лежащей на центральной линии: $\Delta_0 = 0$; на первой линии максимума: $\Delta_1 = \lambda$; на второй линии максимума: $\Delta_2 = 2\lambda$; на n – ой линии максимума: $\Delta_n = n\lambda$, где n = 0, 1, 2, ... ,n. **Если до некоторой точки наблюдения разность хода равна целому числу длин волн, то в этой точке происходит усиление колебаний, а если не целому, то ослабление.**

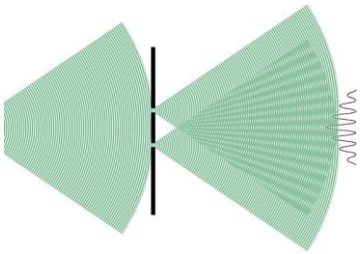




Как определить результат интерференции в некоторой точке? Необходимо определить разность хода волн до этой точки и установить целое или не целое число длин волн укладывается на этой разности хода. Если число длин волн целое, то в этой точке волны усилят друг друга, а если не целое, то ослабят.

А если известен результат интерференции в некоторой точке интерференционной картины? В этом случае, зная разность хода волн до некоторой точки наблюдения и номер линии, на которой она лежит, можно определить длину волны. Определите длину волны по интерференционной картине, изображенной на доске, если точка наблюдения лежит на второй линии максимума.

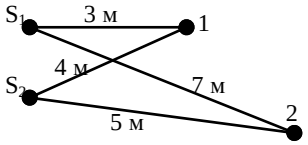
Дополнительная информация. Демонстрация интерференции волн на поверхности воды. **Стоячая волна** (демонстрация) **– результат интерференции, падающей и отраженной волн.** Важнейшее свойство всех волн - их способность интерферировать, то есть способность волн уничтожать или усиливать друг друга, например, при отражении. Можно ли наблюдать интерференцию звуковых волн, световых волн? Что для этого необходимо? Что можно определить по наблюдаемой интерференционной картине? Таким образом, были определены впервые длины световых волн: $\lambda_к$ = 0,76 мкм; $\lambda_З$ = 0,55 мкм; $\lambda_ф$= 0,4 мкм.



Дополнительная информация. Еще в 2003 году физики обнаружили рябь в газе (плазме), окружающем сверхмассивную черную дыру в центре галактики в скоплении Персея, большом кластере из тысяч галактик, расположенном на расстоянии почти 250 миллионов световых лет от Земли. Эта рябь четко указывает на наличие звуковых волн, вызванных выделением большого количества энергии в момент поглощения материи черной дырой.

Кейпроллеры, те самые внезапные волны, которые выделяются среди волн огромной высотой, до 20 метров. Кейпроллер всегда является одиночной волной, которая возникла на поверхности океана под действием ветра (не обязательно штормового!) в результате интерференции, физического процесса наложения одинаковых волн друг на друга.

IV. *Задачи:*



1. Два динамика подключены к выходу одного генератора электрических колебаний, работающего на частоте 170 Гц. Определите результат интерференции в точках 1 и 2. Скорость звука в воздухе 340 м/с.
2. В некоторую точку пространства приходят когерентные лучи с оптической разностью хода 1,875 мкм. Определить, усилится или ослабнет свет в этой точке, если в нее приходят: 1) красные лучи с длиной волны 750 нм; 2) оранжевые лучи с длиной волны 625 нм; 3) фиолетовые лучи с длиной волны 0,420 мкм.

V. Конспект.

1. Опишите эксперименты по наблюдению интерференции водяных волн в домашних условиях.
2. Рассмотрите интерференционную картину от двух точечных источников. Затем выясните, что произойдет с узловыми линиями после помещения третьего источника,

тождественного с остальными, посредине между ними?

3. Придумайте интерференционный опыт, способный доказать волновую природу звука и позволяющий измерить длину звуковой волны.
4. Из двух коробок от зубной пасты, двух спичек и суровой нитки длиной 10 – 15 м, изготовьте самый простой телефон. Продемонстрируйте его работу и объясните принцип действия.
5. Если положить друг на друга две сетки от комаров с мелкими ячейками и посмотреть через них «на просвет», то можно наблюдать интерференцию света.
6. Звук артиллерийского выстрела дошел до первого наблюдателя через 3 секунды, а до второго - через 4,5 секунды после вспышки. Определите графически местоположение орудия, если расстояние между наблюдателями 1 километр.

Так рождалась сказка о стране чудес, так шаг за шагом разворачивались удивительные события.

Л. Кэрролл. "Алиса в стране чудес"

Путешествующему на корабле, кажется, что океан состоит из волн, а не из воды.

Э. С. Эддингтон

Урок 87/10.

ОТРАЖЕНИЕ И ПРЕЛОМЛЕНИЕ ВОЛН

ЦЕЛЬ УРОКА: Познакомить учащихся с методом определения положения фронта в произвольный момент времени. Применить принцип Гюйгенса для объяснения явлений отражения и преломления волн.

ТИП УРОКА: комбинированный.

ОБОРУДОВАНИЕ: волновая ванна с принадлежностями, осветитель для теневого проецирования, штатив.

ПЛАН УРОКА:

1. Вступительная часть
2. Опрос
3. Объяснение
4. Закрепление
5. Задание на дом

II. *Опрос фундаментальный:* Интерференция волн.

Вопросы:

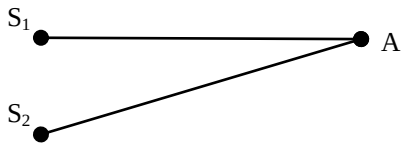
1. Известны расстояния от некоторой точки на узловой линии до двух точечных источников в волновой кювете. Чего не хватает для вычисления длины волны?
2. Что произошло бы с узловыми линиями, если бы один из двух источников стал постепенно ослабевать и, наконец, перестал бы работать?
3. При интерференции волны могут гасить друг друга. Не противоречит ли этот факт закону сохранения энергии?
4. Почему неожиданно появляются и исчезают в океане волны-гиганты (высота до 40 м)? Морские огромные волны-убийцы называли по-разному и "три сестры", и "девятый вал", и "стена воды", и "дыра в море".
5. Прямая – луч; плоскость -? Выберите недостающее слово из пяти предложенных слов: пространство, шар, волновая поверхность, фигура,

точка.

6. Разность хода волн от двух когерентных источников света с длиной волны 600 нм, сходящихся в некоторой точке, равна 1,5 мкм. Что будет наблюдаться в этой точке?
7. Как будут интерферировать волны, у которых сдвиг по фазе составляет π?

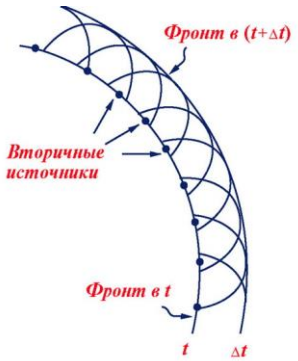
Задачи:

1. Два когерентных источника света S_1 и S_2 с длиной волны 0,5 мкм находятся на расстоянии 2 мм друг от друга. Экран расположен на расстоянии 2 м от S_1. Что будет наблюдаться в точке А экрана – свет или темнота?



2. Два громкоговорителя расположены в 2 м друг от друга и издают непрерывный звук, частота которого 1 кГц, Скорость звука 340 м/с. Под какими углами к средней линии, проведенной между громкоговорителями, можно ожидать усиление звука?

III. Волновой фронт - геометрическое место точек, до которых доходят колебания к моменту времени. Фронт волны на поверхности воды в момент времени t_1. Как определить положение фронта в момент времени $t_2 = t_1 + \Delta t$? Каждая точка среда, до которой дошло возмущение, является источником вторичных волн, которые за небольшой промежуток времени Δt проходят расстояние $S = \upsilon\Delta t$ и их огибающая в данный момент времени указывает положение фронта распространяющейся волны (**принцип Гюйгенса**).

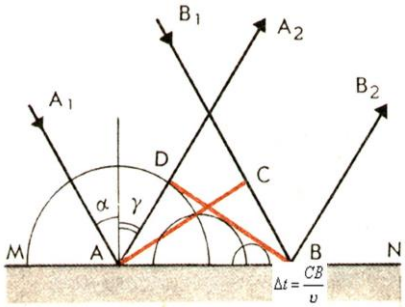


Смысл принципа Гюйгенса проще всего понять, если представить себе, что гребень волны на водной поверхности на мгновение застыл. Теперь представьте, что в этот миг вдоль всего фронта волны в каждую точку гребня брошено по камню, в результате чего каждая точка гребня становится источником новой круговой волны. Практически всюду вновь возбужденные волны взаимно погасятся и не проявятся на водной поверхности. И лишь вдоль фронта исходной волны вторичные маленькие волны взаимно усилятся и образуют новый волновой фронт, параллельный предыдущему и отстоящий от него на некоторое расстояние. Именно по такой схеме, согласно принципу Гюйгенса, и распространяется волна.

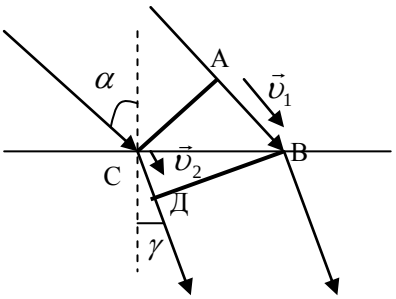
Вторичные волны – когерентные. Колебания в точке наблюдения Р являются результатом их интерференции.

Демонстрация фокусировки волн параболическим зеркалом (резиновая трубка в форме параболы) 1. Падение плоской волны и ее фокусировка. 2. Кольцевая волна, возникающая в фокусе, после отражения от зеркала становится плоской.

Отражение волн на основе принципа Гюйгенса. Фронт отраженной волны. **Закон отражения волн** (определение записать). Демонстрация отражения волн.



Преломление волн на границе раздела двух сред, скорости волн в которых различны. Фронт падающей волны и фронт преломленной волны. АВ = $\upsilon_1\Delta t$, СД = $\upsilon_2\Delta t$. **Закон преломления волн:** $\frac{\sin\alpha}{\sin\gamma} = \frac{\upsilon_1}{\upsilon_2} = \frac{\lambda_1\nu}{\lambda_2\nu} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = n_{21}$. Демонстрация преломления волн (глубина мелкой области около 2 мм).

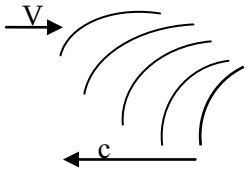


Рефракция — это изменение направления волны (преломление волны) при её переходе из одной среды в другую.

Скорость распространения волны цунами определяется глубиной океана $\upsilon = \sqrt{gH}$. Уменьшение длины волны в мелкой части кюветы. По рисунку определите, во сколько раз скорость волн в глубокой части кюветы больше, чем в мелкой части.

Дисперсия волн. Демонстрация преломления волн различных частот в волновой ванне. Почему "длинные" волны преломляются сильнее, чем "короткие"? Для каких волн показатель преломления больше? **Дисперсия волн - явление разбрасывания волн на границе раздела двух сред, показатель преломления которой зависит от частоты.** Дисперсия (от лат. dispergo – разбрасывать). Как будет вести себя на границе раздела **«белая» волна**?

Когда волна переходит из одной среду в другую, она может изменить скорость, направление и форму.



Дополнительная информация. Почему «опрокидываются» волны, приближающиеся к берегу (морской прибой)? Когда вы наслаждаетесь рокотом прибоя, вы слышите следствия интерференции волн.

Вопрос: Почему плохо слышно, если кричишь против ветра? Скорость ветра вверху больше, поэтому скорость звука будет меньше, и волна загибается вверх.

Дополнительная информация. Скорость звука зависит от температуры. Более быстрые молекулы теплого воздуха быстрее его переносят, поэтому звук всегда ищет путь к холодному воздуху. Ночью звуки слышатся громче. Почему?

Демонстрация **эффекта Доплера** с помощью капельницы на штативе и ванны с водой.

IV. *Задачи:*

1. В сосуде для наблюдения ряби скорость волн в одной области равна 20 см/с, в другой - 15 см/с. Что происходит с падающей волной, пересекающей границу под углом 60°?
2. Волна частотой 12 Гц распространяется со скоростью 30 см/с в мелкой части сосуда с водой. Она пересекает границу более глубокой части сосуда под углом падения 35°. Чему равен угол преломления, если длина волны в более глубокой части сосуда равна 3,7 см?
3. Определите показатель преломления среды, если известно, что свет с частотой $7{,}5\cdot10^{14}$ Гц имеет длину волны в ней 0,3 мкм.
4. Определить скорость распространения красных и фиолетовых лучей в воде, если показатель преломления для луча красного света 1,331, а для фиолетового – 1,343.

Вопросы:

1. Почему человек, стоящий на берегу реки, не слышит звуков, возникающих

под водой?

2. Поверхность воды освещена красным светом, у которого длина волны 0,7 мкм. Какой цвет увидит человек, открыв глаза под водой?
3. Одинаковы ли скорости распространения красных и фиолетовых лучей света в вакууме, в стекле?
4. Почему линия прибоя всегда почти параллельна берегу, хотя ветер на море может дуть и под углом?
5. Почему плохо слышно, когда человек кричит против ветра?

V. Конспект.

1. Сделайте рисунок, иллюстрирующий построение Гюйгенса для преломления плоских волн, падающих под углом 30° при отношении $\upsilon_1 / \upsilon_2 = 2$.
2. Камень, брошенный вертикально в стоячую воду, создает кольцевые волны. Измениться ли форма волновых импульсов, если камень бросить под некоторым углом к вертикали; если камень будет падать в проточную воду?

«Дети не могут спокойно видеть камни и воду: им непременно нужно побросать камни в воду».
Август Стриндберг «Одинокий»

3. Определите зависимость скорости поверхностных волн в воде от их амплитуды и от глубины водоема.

Я мог бы к этому еще прибавить, что столь сложные по своему внешнему виду законы дифракции, ..., были показаны во всей их общности с помощью наиболее простых из принципов волновой теории.

Огюстен Френель

Урок 88/11.

ДИФРАКЦИЯ ВОЛН

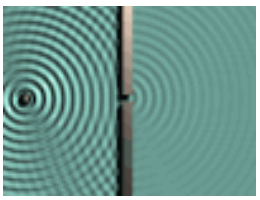
ЦЕЛЬ УРОКА: Познакомить учащихся с явлением дифракция и научить их определять длину волны по наблюдаемой дифракционной картине.

ТИП УРОКА: комбинированный.

ОБОРУДОВАНИЕ: волновая ванна с принадлежностями, осветитель для теневого проецирования, экран.

ПЛАН УРОКА:

1. Вступительная часть
2. Опрос
3. Объяснение
4. Закрепление
5. Задание на дом



II. *Опрос фундаментальный*: 1. Отражение волн. 2. Преломление волн.

Задачи:

1. Волны проходят от глубокой к мелкой части кюветы с углом падения 60° и углом преломления 45°. Найти отношение скоростей распространения волн в этих частях кюветы. Если в глубокой части кюветы скорость волн составляет 25 м/с, то чему она равна в мелкой части?
2. Во сколько раз изменится длина звуковой волны при её переходе из воздуха в

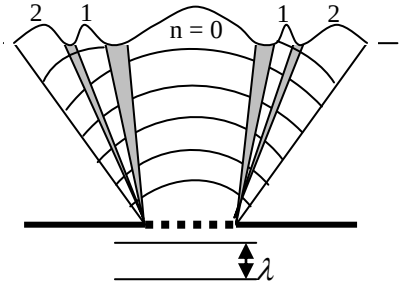
воду? В воде скорость звука $c_1 \approx 1480$ м/с, в воздухе – $c_2 \approx 340$ м/с.

3. Частота колебаний световой волны $5 \cdot 10^{14}$ Гц. Какова длина волны этого света в вакууме? В стекле с показателем преломления 1,5?
4. Определите длину отрезка, на котором укладывается столько же длин волн в вакууме, сколько их укладывается на отрезке 1,5 мм в воде.

Вопросы:

1. Представьте волну горения, бегущую по бикфордову шнуру, в виде примерного графика зависимости температуры от расстояния.
2. Если бросить камень в пруд, то на его поверхности возникает несколько кольцевых волн. Почему?
3. Длина волны красного света в воде равна длине волны зеленого света в воздухе. Какой цвет увидит человек под водой, если вода освещена красным светом?
4. При переходе света из воздуха в любое твёрдое тело или жидкое вещество, длина световой волны изменяется, однако окраска света остаётся прежней. Почему? 1
5. Чем объясняется радужная окраска тонких нефтяных плёнок?

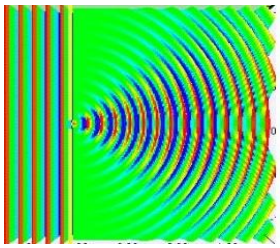
III. Сегодня мы применим принцип Гюйгенса для объяснения не менее интересного явления - дифракции волн. **Дифракция - явление огибания волнами препятствий** (демонстрация). Слово ***дифракция*** образовано от латинского «*diffractus*», что при дословном переводе означает «*огибание препятствия волнами*».



Представим, что волна на водной поверхности ударилась о бетонную сваю. Согласно принципу Гюйгенса, из тех точек волнового фронта, которые пришлись на сваю, вторичные волны распространяться в сторону сваи уже не будут, а из остальных будут. В результате волна продолжит свой путь и восстановится позади волнореза. То есть, фактически, при столкновении с препятствием волна спокойно огибает его, и любой моряк вам это подтвердит.

Все волны, и продольные, и поперечные, обладают этим свойством. Они проходят через щель не только в прямом направлении, но и в стороны, будто щель сама стала источником волн. Эта особенность присуща только волнам, но не частицам (пример с выстрелом из дробового ружья в щель). Прохождение плоской волны длиной λ через щель (демонстрация и рисунок щели на доске).

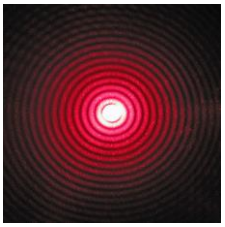
Вторичные волны. Дифракционная картина - результат интерференции вторичных волн (Френель, 1815 г)**!** Демонстрация дифракции водяных волн. Изменение ширины щели. В каком случае дифракция волн наблюдается наиболее отчетливо? **Дифракция волн наблюдается наиболее отчетливо, если**



размеры отверстия сравнимы с длиной волны.

Пример дифракции. Входя в бухту, плоские морские волны становятся кольцевыми волнами, и их энергия убывает обратно пропорционально расстоянию.

Дифракция света – явление огибания световыми волнами препятствий. Условия наблюдения дифракции (размеры препятствия также должны быть сравнимы с длиной волны). Можно ли наблюдать дифракцию света? Наблюдается ли дифракция света, при его прохождении через замочную скважину? Почему не наблюдается? А если уменьшить ширину щели?! Наблюдение точечного источника света через прищуренные веки (два близко расположенных пальца). Почему происходит "расширение" источника света? Демонстрация с лазером дифракции от щели и от круглого отверстия.



В природе нужная для маскировки окраска крыльев бабочек, оперения птиц, змеиной чешуи часто образуется благодаря использованию дифракции и интерференции, а не из-за пигментов.

Вопросы:

1. Как по наблюдаемой дифракционной картине от щели определить длину волны?
2. Можно ли наблюдать дифракцию света? Что для этого необходимо?
3. Почему в микроскоп невозможно рассмотреть предметы, размеры которых меньше длины световой волны?
4. Почему одинокая свая, вбитая в дно, не ослабляет волн на воде?
5. Почему не наблюдается дифракция света при его прохождении через замочную скважину? А если уменьшить ширину отверстия?
6. Прибой – наложение волн различной частоты и амплитуды. Является ли полученное колебание периодическим?
7. Почему только вдоль фронта исходной волны вторичные волны взаимно усилятся и образуют новый волновой фронт?

Задача: Желтый свет падает на щель шириной 1 мм. Определите углы, под которыми расположены первые четыре узла дифракционной картины. Определите те же углы, если щель в 10 раз уже.

IV. Демонстрация кинофрагмента "Дифракция волн".

V.

1. Повторите эксперименты по интерференции и дифракции волн, используя тарелку с водой и два карандаша. Опишите и зарисуйте наблюдаемые картины.
2. Уменьшая расстояние между двумя пальцами, смотрите через них на источник света. Что вы наблюдаете? Объясните наблюдаемую картину.
3. Предложите проект устройства, преобразующего энергию морских волн в электрическую

энергию.

Рояль был весь раскрыт и струны в нем дрожали…
Афанасий Фет

Урок 89/12.

ЗВУКОВЫЕ ВОЛНЫ

Быстрее звук распространяется там, где плотнее среда.

ЦЕЛЬ УРОКА: Познакомить учащихся с основными характеристиками звуковой волны, способам ее получения и регистрации. На примере звуковых волн углубить и систематизировать знания учащихся о волнах.

ТИП УРОКА: комбинированный.

ОБОРУДОВАНИЕ: генератор звуковой, микрофон, УНЧ-3, осциллограф, амперметр демонстрационный, громкоговоритель - 2 шт., экраны металлические от набора ПСР.

ПЛАН УРОКА:

1. Вступительная часть
2. Опрос
3. Объяснение
4. Закрепление
5. Задание на дом

II. *Опрос фундаментальный:* Дифракция волн.

Задачи:

1. Гибкая металлическая пластинка слегка прижата к зубцам зубчатого колеса, которое вращается равномерно, делая 600 оборотов в минуту. Если колесо имеет 50 зубцов, то какова частота и длина звуковой волны?
2. По водопроводной трубе течет вода со скоростью 10 м/с. Каким будет давление на кран, если его мгновенно закрыть?

Гидротаран (винтовые краны в водопроводах), изгибы трубопроводов (для уменьшения кинетической энергии жидкости). Что объединяет падение астероида на Землю и кумулятивный противотанковый снаряд?

3. Воду, текущую по водопроводной трубе со скоростью 2 м/с, быстро перекрывают жёсткой заслонкой. Определите силу, действующую на заслонку при остановке воды, если скорость звука в воде 1,4 км/с. Сечение трубы 5 см^2.

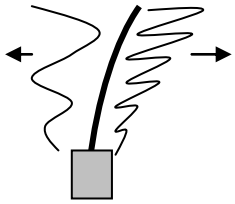
Вопросы:

1. Почему ветровые волны разрушают берег, уничтожая заливы, бухты, мысы и полуострова?
2. Морские волны цунами, приближаясь к берегу, увеличивают высоту, достигая иногда 43 м. Почему это происходит?
3. Если лодка плывет навстречу бегущей волне, то волны бьют о форштевень чаще, чем, если она плывет в обратном направлении. Почему?
4. Почему на кораблях капитан подавал команды в машинное отделение по узкой трубе?
5. Почему водопроводный кран устраивают завинчивающимся краном, а не

поворотным, как в самоваре?

6. Почему после дождя приятно пахнет землей?
7. Пневматические пушки для проверки самолета на прочность в случае столкновения самолета с птицей, заряжают тушками курицы. Интересно, замороженная или не замороженная курица создаст большее давление?
8. Почему невозможно получить резкие изображения объектов при фотографировании в инфракрасных лучах?
9. Может ли пульсовая волна служить примером распространения продольной волны в жидкости?
10. Почему же мы видим звёзды лучистыми, а не круглыми точками?

III. Звуковая волна - колебательное движение частиц упругой среды, распространяющееся в виде волн в газообразной, жидкой или твердой средах. Звук - ощущение, возникающее при воздействии звуковой волны на рецепторы внутреннего уха. Источники звука - любые колеблющиеся объекты, вызывающие местное изменение давления или механического напряжения.



Пример и демонстрация с колебаниями зажатой в тисы стальной линейкой. Звуковая волна — это серия чередующихся слоёв воздуха называемых сжатием и разряжением.

Примеры источников звука: камертон, струна, динамик, свисток, сирена, голосовые связки. Воздух - та же непрерывная пружина, только без отдельных витков. В случае звуковой волны плотность воздуха (его давление) колеблется, поднимаясь выше или опускаясь ниже нормальных значений.

Дополнительная информация. При разговоре мышцы голосовых связок в той или иной степени сокращаются и закрывают щель, оставляя лишь узкий промежуток. При прохождении через эту щель выдыхаемого из легких воздуха связки приходят в колебания, которые и являются источником звуков. Звуковые колебания голосовых связок еще не имеют характер произносимого нами звука. Дальнейшее его формирование происходит при помощи гортани, ротовой и отчасти носовой полостей, которые служат резонатором, помогающим усилить необходимые тоны. Изменяя размеры и форму ротовой полости путем соответствующего расположения языка, зубов и губ, можно выделить из сложных звуковых волн, идущих из голосовой щели, необходимые отдельные тоны или их сочетания.

Дополнительная информация. 10-летним ребенком Б. Паскаль (1623 – 1662) правильно объяснил причину звучания тарелки. Колебания диффузора динамика можно продемонстрировать с помощью маленького зеркальца, положенного на динамик, которое освещается лучом лазера.

Камертон изобрел в 1711 г. британский музыкант Джон Шор. Рождаемая камертоном чисто синусоидальная акустическая волна удобна для настройки музыкальных инструментов. Два зубца колеблются навстречу друг другу, а ручка колеблется вверх и вниз. Колебания ручки невелики, а это значит, что звук камертона мало ослабляется, если даже его держать в руке. Однако ручку можно использовать для усиления звука камертона, если укрепить ее на полом ящичке - резонаторе.

Приемники звука: микрофон (демонстрация), ухо.

Слух — способность слышать звук. Орган для улавливания звука — ухо.

Звуковая волна попадает внутрь и вызывает колебания барабанной перепонки. Вы наверняка слышали, что таковая есть в нашем ухе. От нее по цепочке колебания доходят до окончаний слухового нерва, который, в свою очередь, передает сигнал в мозг.

Акустика (*от греч. akustikos – способность слышать*) - **область физики, исследующая упругие колебания и волны, их взаимодействие с веществом и применения.**

Скорость звука: $\upsilon = \lambda\ \nu$. Скорость звука в среде не зависит от скорости источника звука!

Дополнительная информация. Зависимость скорости распространения звука в воздухе от температуры: $\upsilon = (331 + 0{,}6 \cdot t)$ м/с. На высоте около 13 км температура воздуха падает до –50 °С, что замедляет скорость звука до 300 м/с. При заданных внешних условиях обычно не зависит от частоты волны и её амплитуды. В тех случаях, когда это не выполняется и скорость звука зависит от частоты, говорят о дисперсии звука. Можно ли обогнать звук? В воде скорость звука порядка 1500 м/с, в стали - порядка 5000 м/с. Если поезд движется со скоростью 108 км/ч, то чему равна скорость распространения звука для наблюдателя на открытой платформе; для неподвижного наблюдателя на платформе вокзала?

Если мы хотим, чтобы брошенный мяч летел быстрее и дальше, мы бросаем его "с разбегу". Но свет, как и звук, - это совсем не то же, что мяч или артиллерийский снаряд. Почему?

Отец Вовочки на родительском собрании:

— Ну что ж поделаешь, Вовочке в одно ухо влетело, в другое вылетело...

Учитель физики со своего места:

— Ошибаетесь, звук в вакууме не распространяется.

Осциллографирование звука. Гармонический характер колебаний мембраны микрофона (демонстрация с камертоном). **Музыкальный звук – гармоническое колебание определенной частоты и амплитуды. Музыкальный звук характеризуют три физических параметра: высота, громкость, тембр.** Зависимость высоты тона от частоты колебаний источника звука (демонстрация). **Громкость звука.** Зависимость громкости звука от амплитуды звуковой волны (демонстрация со звуковым генератором).

Дополнительная информация. Громкость звука измеряют в децибелах (дБ). Закон Вебера-Фехнера: $\beta = 10\ell g\dfrac{I}{I_0}$ (дБ), где $I_0 = 1 \cdot 10^{-12}$ Вт/м^2 – порог звукового ощущения; $I = I_0$, $\beta = 0$ – порог слышимости. $I = 1$ Вт/м^2, $\beta = 120$ дБ – порог болевого ощущения. Шум Ниагарского водопада достигает 90-100 децибел?

Считается, что любой звук выше предела в 150 дБ может нанести серьезный вред здоровью, и уже существуют устройства, используемые пока в научно-исследовательских целях, которые способны генерировать звуковые волны с амплитудой до 180 дБ.

Высота звука определяется частотой звуковой волны, а громкость – амплитудой.

Дополнительная информация. Музыкальные звуки и шумы. Самая толстая струна контрабаса имеет частоту 41 Гц, а самый высокий тон пианино – 3520 Гц. «Белый» шум. Пример белого шума — это звук водопада.

Осциллограммы человеческого голоса. **Тембр звука.** В формировании тембра каждого конкретного звука ключевое значение имеют его обертоны и их соотношение по высоте и громкости, шумовые призвуки и другие факторы. Ухо как бы производит гармонический

анализ сложных звуков и сигнализирует в центральную нервную систему о его гармоническом составе. Эти сигналы и воспринимаются как различный тембр звука.

Ощущение тембра создает набор гармоник основного тона и обертонов (частоты кратные основной)**.** Звучащая струна, например, издает не только свой основной тон, но и так называемые обертоны. Половина струны колеблется с вдвое более высокой частотой (и, значит, издает звук в два раза выше основного тона). Колебания одной трети струны имеют частоту в три раза больше основной, одной четвертой — в четыре и т. д. Число гармоник бесконечно, однако с увеличением порядкового номера гармоник, их амплитуда уменьшается. Поэтому при анализе звуков достаточно учесть только первые 5 гармоник, а вкладом остальных можно пренебречь. Если звук состоит из многих волновых составляющих, то информацию получают множество рецепторов (разложение Фурье), все выходные сигналы которых передаются в мозг. Богатство слуховой информации определяется способностью мозга анализировать такие комбинации звуков. Если у вас есть некий очень сложный график, то, возможно, эта сложность является результатом наложения нескольких независимых колебательных процессов. **Теорема Фурье:** любой реальный периодический сигнал можно представить в виде конечной суммы гармонических колебаний с различными амплитудами и частотами (метод разложения функции в бесконечный тригонометрический ряд)**.** Эту сумму называют **гармоническим спектром** данного сигнала**.** Семь основных цветов радуги имеют тысячи оттенков. Тембры музыкальных звуков так же разнообразны. Наш слух, как и зрение, может улавливать разные мелочи.

Частотный диапазон человеческого слуха (20 – 20000 Гц). Так, самые высокие ноты, до которых “добираются” современные певцы, соответствует частотам около 2350 Гц, а рекорд в области низких частот 44 Гц.

Ультразвук и инфразвук. Собаки слышат до 40 кГц, обыкновенные мыши – до 90 кГц, дельфины и летучие мыши – свыше 100 кГц.

Профессии ультразвука: а) *дефектоскопия*; б) *гидролокация*; в) в медицине (диагностика, хирургия, терапия); г) в сельском хозяйстве (для стерилизации молока, для отпугивания насекомых и животных); д) охранные системы; е) очищение питьевой воды; ж) изготовление гомогенных растворов и эмульсий из различных продуктов.

Дополнительная информация: Жидкость «вскипает» при прохождении ультразвуковой волны. С помощью ультразвука можно смешать несмешивающиеся жидкости. Так готовятся эмульсии на масле. При действии ультразвука происходит омыление жиров. На этом принципе устроены стиральные устройства. Интересны биологические эффекты ультразвука. Ультразвуки ослабляют жизнедеятельность бактерий, уменьшают рост молочнокислых и туберкулезных бактерий. Широко используется ультразвук в гидроакустике. Ультразвуки большой частоты поглощаются водой очень слабо и могут распространяться на десятки километров. Если они встречают на своем пути дно, айсберг или другое твердое тело, они отражаются и дают эхо большой мощности. На этом принципе устроен ультразвуковой эхолот. В металле ультразвук распространяется практически без поглощения. Применяя метод ультразвуковой локации, можно обнаружить мельчайшие дефекты внутри детали большой толщины. Дробящее действие ультразвука применяют для изготовления ультразвуковых паяльников. Ультразвук применяют для улавливания мельчайших частичек сажи, в сернокислотной промышленности для осаждения тумана серной кислоты. Способность слышать звуки частотой выше 16 килогерц с возрастом исчезает, потому что отмирают клетки внутреннего уха, «ответственные» за восприятие волн более высокого диапазона. Одно из, например, многочисленных применений ультразвука в медицине основано на возможности его концентрации на чрезвычайно ограниченных участках ткани без влияния на весь остальной организм.

Дополнительная информация. Для инфразвука характерно малое поглощение в различных средах вследствие чего инфразвуковые волны в воздухе, воде и в земной коре могут распространяться на достаточно большие расстояния. Это явление находит практическое применение при определении места сильных взрывов или положения стреляющего орудия.

Распространение инфразвука на большие расстояния в море даёт возможность предсказания стихийного бедствия - цунами. Инфразвуковые волны, образующиеся от завихрений ветра на гребнях морских волн, называемые "голосом моря", могут заблаговременно предсказывать шторм, поскольку скорость их распространения значительно превышает скорость перемещения области шторма. Слоны могут услышать сигналы, подаваемые сородичами, на расстоянии до 10 километров.

Воздействие инфразвука на человека. Во время сильных порывов ветра уровень инфразвуковых колебаний (частоты 0.1 Гц) достигал на тридцатом этаже 140 дБ, то есть даже несколько превышал порог болевого ощущения уха в диапазоне слышимых частот. Фигурально говоря, человек слышит инфразвук всем телом. Самым опасным здесь считается промежуток от 6 до 9 Гц. Эффекты сильнее всего проявляются на частоте 7 Гц, созвучной альфа-ритму природных колебаний мозга, причем любая умственная работа в этом случае делается невозможной, поскольку кажется, что голова вот-вот разорвется на мелкие кусочки. Звук малой интенсивности вызывает тошноту и звон в ушах, а также ухудшение зрения и безотчетный страх. Звук средней интенсивности расстраивает органы пищеварения и мозг, рождая паралич, общую слабость, а иногда слепоту. Мощный инфразвук способен повредить, и даже полностью остановить сердце. Обычно неприятные ощущения начинаются со 120 дБ напряженности, травмирующие - со 130 дБ. Частоты около 12 Гц при силе в 85-110 дБ, наводят приступы морской болезни и головокружение, а колебания частотой 15-18 Гц при той же интенсивности внушают чувства беспокойства, неуверенности и, наконец, панического страха. Вот инструкция из книги Мишеля Харнера «Путь шамана»: Для входа в «туннель» вам понадобится, чтобы ваш партнер все время, необходимое для получения вами «шаманского состояния сознания» сопровождал ударами в барабан или бубен с частотой 120 ударов в минуту (2 Гц). Если ритм кратен полутора ударам в секунду и сопровождается мощным давлением инфразвуковых частот, то способен вызвать у человека экстаз.

При ритме два удара в секунду, слушающий впадает в танцевальный транс.

Спектр – совокупность значений, которые может принимать данная величина. Непрерывный (на примере механических величин $\vec{\upsilon}, \vec{a}, m, \vec{F}$) и дискретный спектр. Спектр звука.

IV. *Вопросы:*

1. При полете большинство насекомых издают звук. Чем он вызывается?
2. У комара или шмеля крылышки колеблются с большей частотой?
3. У балалайки всего три струны, причем две из них одинаковые. Объясните, как при помощи такого малого количества струн удается получать такое широкое разнообразие звуков.
4. Что услышали бы мы, удаляясь от оркестра со скоростью звука?
5. Высота звука циркулярной пилы понижается, когда к пиле прижимают доску. Почему?
6. Почему вы не слышите музыку скакалки?
7. Почему после снегопада так тихо?
8. Может ли звуковая волна убить человека?
9. Почему мы не слышим грохота мощнейших взрывов, происходящих на Солнце?
10. Когда грызешь сухарики, то, кажется, что производишь громкий звук. Почему?
11. Почему ультразвуковая локация применима на море и в медицине, но не в воздухе?

12. Различают два вида источников звука: источники, работающие на собственной частоте, и источники, совершающие вынужденные колебания. К какому виду относится камертон, громкоговоритель, струна музыкального инструмента, телефон?
13. Почему вызов сотового телефона в виброрежиме оказывается зачастую достаточно громким и слышен на значительном удалении?

V. §§ 60-61. Упр. 35.

1. Летом стрекочут сверчки, и по пению сверчка можно определить температуру воздуха. Нужно подсчитать, сколько звуков повторилось за 25 секунд, а затем разделить на 3 и добавить 4 — так можно получить температуру в градусах Цельсия. Почему это научный факт?
2. Если пластиковую бутылку, заполненную водой, уронить с некоторой высоты, то тонкая струйка воды взлетит до потолка. Почему? Так "работает" кумулятивный снаряд!
3. Где происходит разрыв водяной бомбочки (воздушного шарика, наполненного водой) сверху, сбоку или снизу и почему?
4. Пластиковую бутылку объемом 2 л доверху наполнили водой и «нечаянно» уронили на пол с высоты 1 м. На какую максимальную высоту взлетит струя брызг и почему? С какой максимальной высоты должна упасть бутылка, чтобы разорваться?
5. Объясните явление гидротарана и способы предотвращения его последствий.
6. Почему в морозный день снег скрипит под ногами? От чего зависит громкость и высота этого звука?
7. Каковы причины шума, возникающего при выстреле из пистолета, и какова роль глушителя?
8. Вертикальная струя воды падает на горизонтальную поверхность. На некотором расстоянии от точки падения возникает "водный гребень". Исследуйте и объясните явление.
9. Предложите способы измерения скорости звука.
10. Предложите больше различных способов для измерения частоты колебаний крыльев комара.
11. Предложите проект двигателя, использующего энергию падающих капель дождя.
12. *Объясните приметы:*
    - Если песня сверчка режет уши - к дождю.
    - Если в поле далеко раздается голос, то будет дождь.

Я видел озеро, стоящее отвесно.

О. Мандельштам

Урок 90/13.

СВОЙСТВА ЗВУКОВЫХ ВОЛН

Как заставить бокал запеть?

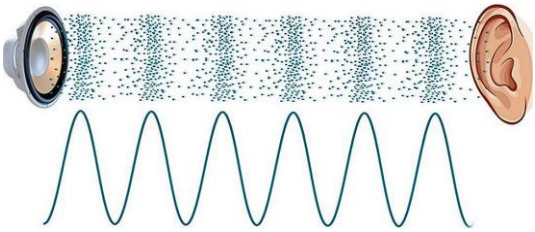
ЦЕЛЬ УРОКА: Развить представления учащихся о звуковых волнах, обобщить тем самым знания о волновых явлениях.

ТИП УРОКА: комбинированный.

ОБОРУДОВАНИЕ: генератор звуковой, громкоговоритель 2 шт., амперметр демонстрационный, микрофон, экраны металлические от ПСР.

ПЛАН УРОКА:

1. Вступительная часть
2. Опрос
3. Объяснение
4. Закрепление
5. Задание на дом



II. *Опрос фундаментальный*: 1. Звуковые волны. 2. Громкость и высота звука.

Задачи:

1. Органный тон (λ = 0,71 м) звучит в течение 1 с. Сколько полных колебаний происходит за это время?
2. Гидролокатор сторожевого катера работает на частоте ν = 15 кГц. Сигнал, посланный в направлении подводной лодки, находящейся на расстоянии s = 4,5 км от катера, вернулся через t = 6 с. Чему равна длина рабочей звуковой волны λ локатора?
3. Велосипедист двигался вдоль железнодорожного полотна и увидел пар, вырывающийся при гудке движущегося навстречу паровоза, а через 2 с услышал сам гудок. Велосипедист двигался со скоростью 10 м/с и поровнялся с тепловозом через 28 с. С какой скоростью двигался тепловоз? Скорость звука 340 м/с.
4. Электропоезд Сапсан, приближаясь к железнодорожной станции со скоростью 216 км/ч, за полкилометра до нее подает предупредительный звуковой сигнал длительностью 5 с. Какова будет длительность сигнала с точки зрения пассажиров, стоящих на платформе?
5. Пуля пролетела со скоростью в два раза большей скорости звука на расстоянии 5 м от человека. Где находилась пуля, когда человек услышал ее звук?

Вопросы:

1. Почему звук получается более громким, если стучать не в стену, а в дверь?
2. Через каждую секунду происходит один удар колокола. На какое расстояние нужно отойти от него, чтобы видимые и слышимые удары совпадали?
3. Почему звук, возбуждаемый струей воды в неисправном кране, слышен во всех квартирах, связанных одним водопроводным стояком?
4. Почему никому из нас, находясь в лесу или в горах, не приходит в голову кричать "с разбегу"?
5. Крупный дождь можно отличить от мелкого по звуку, возникающему при ударах капель о крышу. На чём основана такая возможность?
6. Многие ночные бабочки щеголяют в пушистой «шубке». От чего их защищает эта «шубка»?
7. Если возбуждённый камертон поставить на его резонансный ящик, громкость звучания резко увеличивается. Не противоречит ли это закону сохранения энергии?
8. Если педалью освободить струны рояля и громко пропеть несколько нот, то можно услышать "отклики". Как это объяснить?
9. Почему неупругие материалы хорошо поглощают звук?

10. Приведите примеры громких и тихих звуков.
11. Приведите примеры высоких и низких звуков.
12. Почему человеческое ухо воспринимает только продольные волны?
13. Почему скрипят двери, половицы, обувь, школьная доска, если по ней провести твердым мелом?
14. Почему звенит топор?
15. Почему при стрельбе пуля вылетает из ружья со свистом, а брошенная рукой летит бесшумно?
16. *"Мошкара гудит на "фа-диез", пчелы на "си", жуки на "ре", шмели на "до"." Н.А. Римский-Корсаков.* Какое значение в жизни насекомых имеют различия в звуках?
17. Если кошка будет бежать со скоростью звука, то услышит ли она звук пустой консервной банки, привязанной к ее хвосту?

III. Свойства звука:

1. Отражение звуковых волн (демонстрация). **Эхо** — это звук, отраженный от удаленного препятствия. **Эхолокация** — способ обнаружения и получения информации об объекте с помощью эха. Рукокрылые, зубатые киты и некоторые насекомоядные пользуются эхолокацией — испускают особые звуки, после чего слушают отраженные от окружающих предметов звуковые волны и получают представление о том, что находится вокруг них. На явлении отражения звука основано действие шумозащитных экранов, которые устанавливают вдоль автомобильных трасс и вблизи аэропортов. В замке Вудсток, в Англии, эхо отчетливо повторяет 17 слогов, а в замке близ Милана громко сказанное слово повторяется эхом 30 раз.

2. Преломление звуковых волн.

Почему не слышны звуки, возбуждаемые обитателями подводного мира? Однако если опустить в воду весло и приложить к нему ухо, то эти звуки можно услышать. Почему? Почему холодным утром хорошо слышно звуки издалека? Обычно по мере увеличения высоты воздух становится холоднее, поэтому звуковые «лучи», преломляясь, изгибаются кверху. При так называемых инверсионных погодных условиях, когда слой теплого воздуха находится над слоем холодного, происходит обратное преломление — и звуковые волны уносятся дальше, частично даже поверх препятствий. Ветер тоже вносит свой вклад. Он меняет не только плотность воздуха, но и эффективную скорость звука, хотя и всего лишь на несколько процентов. В этом-то и заключается причина, по которой ветер действительно далеко переносит звуки, как приятные, так и неприятные: он не только ускоряет распространение волн, но и преломляет их.

3. Стоячие звуковые волны (демонстрация и определение длины звуковой волны).

На две подставки кладут металлическую трубу, вдоль которой просверлены отверстия, а торцы затянуты резиновой пленкой. Трубу заполняют пропаном и поджигают его. К мембране подносят динамик, подключенный к ЗГ, и, меняя частоту, получают резкую длину языков пламени. Почему?

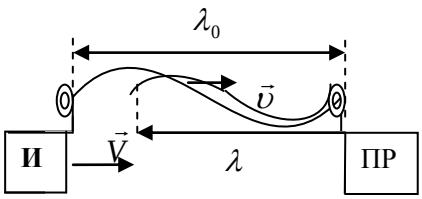
4. Интерференция звуковых волн (демонстрация с двумя динамиками на частотах 1000 - 1500 Гц).

5. Дифракция звуковых волн (демонстрация на частоте 2000 Гц). Почему дверь, лишь чуть приоткрытая в шумный коридор, практически не уменьшает шума?

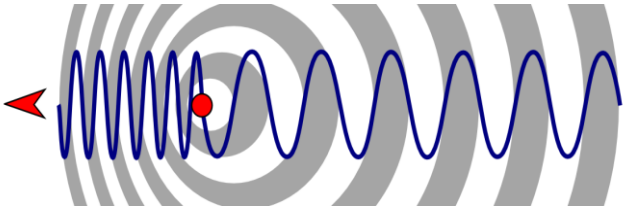
Инфразвуковые волны очень слабо затухают в атмосфере, океане и земной коре. Так, мощное низкочастотное возмущение, вызванное извержением в 1883 году индонезийского вулкана Кракатау, обежало земной шар дважды.

6. Независимость распространения звуковых волн.

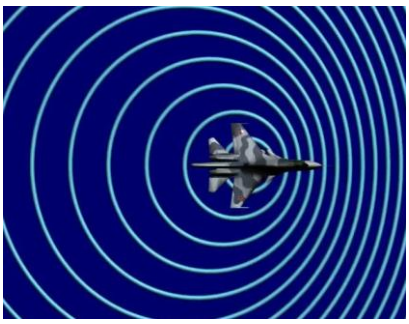
7. Эффект Доплера. Как только звуковая волна пошла, скорость ее распространения определяется только свойствами среды, в которой она распространяется, - источник же волны никакой роли больше не играет. $T_0 = \lambda_0/c$ - период колебаний при неподвижном источнике звука, $\lambda = \lambda_0 - VT_0$ – длина волны, воспринимаемая неподвижным наблюдателем, если источник звука движется навстречу приемнику со скоростью $\vec{V}$:



$$\nu = \frac{\nu_0}{1 - \frac{V}{c}}$$



Дополнительная информация. Эффект Доплера - изменения в измеряемой длине звуковой или электромагнитной волны, обусловленные относительным движением наблюдателя к источнику волн или от него. Демонстрация с динамиком на нити, подключенным к звуковому генератору. Когда мимо вас на большой скорости проносится настоящий байкер, то звук мотора мотоцикла меняется тон от высокого тона до низкого тона. Почему? **Эффект Доплера** наблюдается не только для звука, а и для волн любой частоты - световых и даже радиоактивного излучения. С его помощью определяются параметры движения планет и космических аппаратов. Во всем мире он используется в полицейских радарах, позволяющих отлавливать и штрафовать нарушителей правил дорожного движения, превышающих скорость. Оборудование на военных подводных лодках измеряет изменения частоты сигналов гидролокатора, которые направляются с лодки и затем отражаются от корпуса корабля, что позволяет определить скорость движения корабля. Несколько более эзотерическое применение эффект Доплера нашел в астрофизике: в частности, Эдвин Хаббл, впервые измеряя расстояния до ближайших галактик на новейшем телескопе, одновременно обнаружил в спектре их атомного излучения красное доплеровское смещение, из чего был сделан вывод, что галактики удаляются от нас (закон Хаббла) - разбегаются друг от друга. Медики используют этот эффект для того, чтобы с помощью ультразвукового прибора отличить вены от артерий при проведении инъекций, а также с эхокардиограммами, когда посылают ультразвуковые лучи через тело для измерения изменений в кровотоке, чтобы убедиться, что сердечный клапан работает правильно.



Как метеорологи используется эффект при прогнозировании погоды?

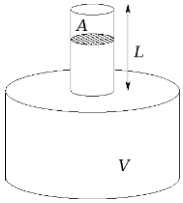
8. Звуковой резонанс (демонстрация со звуковым генератором и камертоном).

Если мы сядем перед динамиком, играющим на частоте 19 Гц, и установим громкость на 120 дБ, мы ничего не услышим. Но звуковые волны и вибрации влияют на нас. И через некоторое время вы начнете испытывать разные видения и увидите фантомы. Дело в том, что 19 Гц - это резонансная частота для нашего глазного яблока. **Резонанс** — один из важнейших физических процессов, используемых при проектировании звуковых устройств, большинство из которых содержат резонаторы, например, струны и корпус скрипки, трубка у флейты, корпус у барабанов. Для акустических систем и громкоговорителей резонанс отдельных элементов (корпуса, диффузора) является нежелательным явлением, так как ухудшает равномерность амплитудно-частотной характеристики устройства и верность

звуковоспроизведения.

Дополнительная информация (резонатор Гельмгольца): На международной космической станции условия невесомости. Тем не менее, там измеряют массу. Как это происходит? Предмет пристёгивают к пружинному маятнику и измеряют его собственную частоту колебаний (резонанса). Потом по частоте пересчитывают массу, зная коэффициент жесткости пружины. Просто.

Резонанс Гельмгольца - это когда пустые бутылки разных размеров дудят на разной частоте, если в них подуть ртом. Резонансная частота колебаний резонатора Гельмгольца главным образом зависит от размера и формы горла и объёма полости. Чем больше объём, тем ниже частота. Чем тоньше горлышко бутылки, тем ниже частота. Практический интерес представляет формула для собственной частоты колебаний резонатора. Это формула для цилиндрической ёмкости:



$$\nu_{рез} = \frac{\upsilon}{2\pi}\sqrt{\frac{A}{V \cdot L}}$$

А – площадь сечения горлышка, L - длина горлышка, V - объем полости, υ - скорость звука в воздухе 331 м/с, $\nu_{рез}$ - резонансная частота.

Даже прямоточный пульсирующий реактивный двигатель (ПуВРД) в крылатой ракеты Фау-1 был не что иное, как резонатор Гельмгольца на частоту 48 Гц.

Где может пригодиться датчик объёма, работающий на основе резонанса Гельмгольца? Можно сделать, например, датчик уровня жидкости (например, бензина). Жидкость вытесняет объём. При этом жидкости не сжимаемы. А это значит, что увеличение уровня жидкости приведёт к тому, что объём уменьшится. А это значит, что резонансная частота повысится.

Дополнительная информация: При атмосферном взрыве скачок уплотнения — это небольшая зона, в которой происходит почти мгновенное увеличение температуры, давления и плотности воздуха. Ударная волна представляет собой скачок уплотнения в среде, который движется со сверхзвуковой скоростью (более 350 метров в секунду). **Взрывная волна** – это ударная волна, вызванная взрывом. Если избыточное давление во взрывной волне больше 0,1 атм, то она производит сильные разрушения, если избыточное давление больше 0,01 атм, то волна производит небольшие повреждения (разрушение оконных стекол). Почему вдоль направления ветра взрывная волна производит большие разрушения?

Дополнительная информация: Благодаря колебаниям голосовых связок воздух в легких, в гортани, в ротовой полости тоже начинает колебаться. Это резонанс. Практически у каждого музыкального инструмента есть резонатор, колебание воздуха в котором увеличивает громкость звучания. Резонанс происходит на вполне определенных частотах, с конкретной длиной волны. Эта длина непосредственно зависит от размеров и формы резонатора. Именно эти волны являются самыми громкими, а остальных мы практически не слышим. В человеческом голосе присутствуют 4 - 5 длин волн, на которых происходит резонанс. У всех они, конечно, разные, поэтому каждый имеет свой окрас голоса, так называемый **тембр**.

Дополнительная информация: Распространение звуковой волны несет с собой и скачок давления — тем больший, чем громче звук. Это накладывает теоретический предел громкости, которой можно достичь в той или иной среде, — последний уровень, после которого она разрушается. Для воздуха при атмосферном давлении он составляет около 194 дБ, для воды — 270 дБ, а для стекла?

Самый громкий звук за всю историю человечества прозвучал 27 августа 1883 года при извержении вулкана Кракатау. Громкость звука была 172 децибела - и не в самом месте извержения, а в 160 км от него!

IV. *Задачи:*

1. Стальную деталь проверяют ультразвуковым дефектоскопом, работающим на частоте 1 МГц. Отраженный от дефекта сигнал возвратился на

поверхность детали через 8 мкс после посылки. На какой глубине находится дефект, если длина ультразвуковой волны в стали 5 мм?

2. Какой путь пройдет ультразвуковая волна длиной 3 см за время 0,001 с, если генератор, испускающий такие волны, работает на частоте 1 МГц?
3. Определите длину звуковой волны в воде, если ее длина в воздухе равна 0,797 м. Скорость звука в воздухе принять равной 343 м/с, в воде 1483 м/с.
4. Гидролокатор сторожевого катера работает на частоте ν = 15 кГц. Сигнал, посланный в направлении подводной лодки, находящейся на расстоянии S = 4,5 км от катера, вернулся через t = 6 с. Чему равна длина рабочей звуковой волны локатора? Ответ: 10 см

5. На краях открытой сцены на расстоянии 6 м установлены две акустические системы. Из-за ошибки звукооператора они «загудели». Зритель, находившийся напротив центра сцены на расстоянии 20 м от неё, обнаружил, что если он смещается из своего начального положения влево или вправо на 2 м, то громкость звука оказывается наименьшей. На какой частоте «гудели» акустические системы? Скорость звука в воздухе была равна 345 м/с. Ответ: 292.
6. Космические станции двигаются навстречу друг другу по прямой линии. Скорость сближения станций υ = 8000 км/ч. С одной станции каждые Δt = 10 минут в направлении другой станции посылают почтовый контейнер со скоростью υ_1 = 12000 км/ч относительно первой станции. Определите, сколько контейнеров будет получать вторая станция в течение T = 1 ч.
7. Подводная лодка, движущаяся со скоростью 10 м/с, посылает ультразвуковой сигнал частотой 30 кГц, который, отразившись от препятствия, возвращается обратно. Насколько отличаются частоты посылаемого и принятого сигналов?

Определив изменение частоты, можно измерить скорость движения воздушных, подводных и наземных объектов при их радиолокации.

8. Узкий пучок ультразвуковых волн частотой 50 кГц направлен от неподвижного локатора к приближающейся подводной лодке. Определите скорость подводной лодки, если разность частот колебаний источника и сигнала, отраженного от лодки равна 250 Гц. (3,84 м/с)
9. На автомобиле, имеющем специальное устройство, определяют с помощью звукового сигнала расстояние от поста ГИБДД. Какое расстояние было до поста в момент испускания звукового сигнала, если после отражения от будки его приняли на автомобиле через 12 с? Скорость звука 325 м/с, скорость автомобиля 90 км/ч.
10. Два гоночных автомобиля мчатся навстречу друг другу с одинаковой скоростью. Один из водителей начинает подавать звуковые сигналы

длительностью τ_1, при этом другой водитель определил их длительность $\tau_2 = 0{,}8\tau_1$. С какой скоростью едут автомобили?

Вопросы:

1. Можно ли услышать свой голос издалека?
2. Будет ли слышен звук на расстоянии 100 м от точечного источника мощностью 5 мВт? Будет. $I = 4 \cdot 10^{-8}$ Вт/м^2
3. Почему в комнате обычных размеров не бывает эха?
4. В симфоническом оркестре играют около ста музыкантов. Однако, сидя в зрительном зале, мы воспринимаем каждый из инструментов оркестра, и их звуки не сливаются. Как это понять?

Звуковые волны, излучаемые разными источниками, некогерентные, поэтому они не интерферируют и не сливаются.

5. В воду погружен вибратор, мембрана которого создает музыкальные звуки. Будет ли находящийся под водой пловец слышать мелодию такой же, как слышал бы ее в воздухе?
6. Если источник звука поместить посредине движущейся платформы, а два приемника на ее концах, то частоты принимаемых сигналов будут отличаться друг от друга. Почему?
7. «Севший» голос отличается от обычного голоса по трем характеристикам: он низкий, хриплый и тихий. Почему?
8. Духовой оркестр, удаляясь, заходит за угол дома. Через некоторое время слышна игра лишь труб-басов и барабана. Отчего при этом не слышны флейты и кларнеты?
9. Известно, что дерево проводит звук лучше, чем воздух. Отчего же разговор, происходящий в соседней комнате, заглушается, когда деревянная дверь в эту комнату закрыта?
10. Мощные ветра циклона порождают инфразвук, который можно зафиксировать на расстоянии нескольких тысяч километров. Почему?
11. Если крикнуть в пустую бочку, то она отзывается гулким басовым звуком. Дайте объяснение этому явлению. От пустой бочки много шума (турецкая пословица).
12. Всегда ли справедливо выражение: «Как аукнется, так и откликнется» т.е. всегда ли отраженный звук имеет ту же высоту того, что и падающий?
13. Почему дифракция звука в повседневном опыте наблюдается гораздо чаще, чем света?
14. На какой рабочей частоте чувствительность доплеровского измерителя больше - высокой или низкой?
15. Как будет воздействовать подводный взрыв на воздушный шарик, закрепленный на дне водоема?

16. Что вы вообще знаете о звуковых волнах?
17. Почему вата заглушает звук?
18. Почему звучит скрипка?
19. Почему при проверке колес вагонов во время стоянки поезда их обстукивают молотком?
20. Почему качество записи звука снижается по мере приближения звуковой канавки к центру грампластинки?
21. Каким образом человек определяет, откуда пришел звук?
22. Чтобы не скрипели петли у двери, их смазывают. Объясните.
23. Почему океанские глубины — идеальная среда для распространения звуковых волн?
24. Наверняка вам знаком эффект «голоса Микки-Мауса» при вдыхании газа гелия. Можете объяснить, почему это происходит?
25. Почему в лесу довольно трудно определить, откуда идет звук?
26. Как зависит высота звука, издаваемого духовым инструментом (труба, саксофон, кларнет), от длины столба воздуха?
27. Почему происходит резкое понижение тона гудка автомобиля, когда он проехал мимо и удаляется от вас?
28. Когда к ножке одного из двух настроенных в резонанс камертонов прикрепили кусочек воска, камертоны оказались расстроены. Как это объясняется?

Резонанс — один из важнейших физических процессов, используемых при проектировании звуковых устройств, большинство из которых содержат резонаторы, например, струны и корпус скрипки, трубка у флейты, корпус у барабанов.

29. Поясните, как настраивается струнный инструмент.
30. Зачем в концертном зале вдоль боковых стен устанавливают десятки панелей, заполненных песком общей массой в несколько тонн?
31. Если рядом с волновой ванной поставить громкоговоритель, подключенный к звуковому генератору (5 – 10 кГц), то в ванне возникает картина стоячих волн. Почему? Почему картина изменяется, если поднести руку?

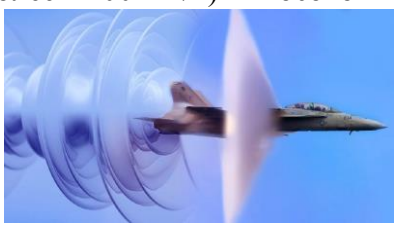
Хочу дать вам на будущее практический совет. Если у вас в машине случилась поломка, вначале постарайтесь найти свою ошибку с помощью обычного здравого смысла. Если это не удается, попробуйте рассчитать конструкцию, пользуясь только арифметикой и конторскими счётами. Если и это не поможет, принимайтесь за алгебраические и тригонометрические формулы. И только уж когда совсем ничего понять не сможете, тогда - лишь тогда! - беритесь дифференциальные уравнения и ряды Фурье.

Харитонович

V. § 62. Упр. 36.

1. Назовите возможные причины, почему звук, возбужденный струей воды в неисправном кране, слышим на всех этажах здания в одном подъезде, а от свистка – нет?

2. Отчего корпус виолончели намного больше, чем у скрипки?
3. Поставьте будильник на стол. Слышно ли его тикание, если вы находитесь на расстоянии 1 м от него? Приложите ухо к столу примерно на таком же расстоянии от будильника. Слышно ли тикание теперь? Повторите опыт, поставив будильниук на бумагу, вату, кусок ткани, металлическую или стеклянную пластинку, блюдце. Сделайте вывод о распространении звука в различных телах и хороших проводниках звука.
4. Как опытным путем определить частоту колебаний камертона?
5. При преодолении самолетом звукового барьера (скорости более 1200 км/ч) в носовой части давление воздушного потока резко увеличивается, возникает звуковой удар в виде громкого хлопка. Образовавшаяся ударная волна воздействует на предметы, вызывая их колебания и даже иногда резонанс. Объясните явление.



6. Изготовьте модель рупора (звукоснимателя), продемонстрируйте его работу и объясните принцип действия.
7. Высота звука в трубах, как и в случае струны, зависит от их размеров. Каким фактором, в сравнении со струной, она еще обусловлена?
8. Почему вьюга «воет»? Как зависит частота звуковой волны от скорости ветра и размеров обдуваемого ветром тела?
9. Когда в Кёльнском соборе установили колокол и начали раскачивать его язык, но звона не услышали. Почему? Тогда язык удлинили, при этом увеличив его массу. Почему звон был восстановлен?
10. В круглом помещении шепот стоящего у стены человека будет слышен вдоль стен, но не в центре комнаты. Часто, чтобы усилить этот акустический эффект, в стены встраивали амфоры. Тогда звук еще и резонировал, усиливался. Почему этот эффект связан с распространением вдоль стены акустической волны, испытывающей многократное полное внутреннее отражение?
11. Когда осадки начинаются после некоторого сухого периода, то в воздухе возникает так называемый «запах дождя». Почему?
12. Как работает глушитель в автомобиле или мотоцикле?
13. Если встать в один из фокусов эллипса в помещении эллиптической формы, а их, напомню, два, и что-то сказать шепотом, то вас услышит только тот, кто стоит во втором фокусе, даже если это большое помещение. Так ли это?
14. Если травинку расположить горизонтально (ребром ко рту) и подуть, то травинка «запоет». Почему? От чего зависит высота звука и громкость звука?
15. Почему неполный чайник “шумит”?
16. К серебряной или мельхиоровой ложке привязывают нить, концы которой вкладывают в уши. Если ложку заставить качаться, и притом так, чтобы она ударялась о край стола, то передача звука в момент удара будет до того сильной, что наблюдателю кажется, будто он слышит плывущий звук органа. Большинство металлических предметов звучат при коротких ударах по ним чем-нибудь твёрдым.
17. Если вы подуете около отверстия ключа, получится звук определенной частоты. Попробуйте оценить эту частоту.
18. В хвойном лесу даже при слабом ветре слышится гул. Почему?
19. *«Вечер душен, ветер воет,*
    Воет пёс дворной;
    Сердце ноет, ноет, ноет,
    Словно зуб больной…»
    Аполлон Александрович Григорьев, 1857 год

Почему ветер воет?

20 Как доказать, что скорость звука в воздухе одинакова для всех длин волн?

21 Подставьте, пустую бутылку под тонкую струю воды из-под крана. Какой звук вы

услышите? Как и почему меняется его тон по мере заполнения бутылки?

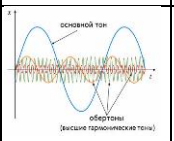
22 Почему хвойный и лиственный леса шумят от ветра по-разному?

23 В древней Индии подозреваемый при ответе на вопрос тихонько бил в гонг. Считалось, что если он начинает бить громче, то врет (детектор лжи). Почему?

24 Период колебаний частиц межзвездного газа составляет тысячи и миллионы секунд. Почему так много?

25 Подготовьте реферат на тему «Влияние звука на организм человека. Защита от шумов».

26 Обсудите и дополните таблицу: «Свойства музыкального звука».

Физиологи-ческие	Физические	Обозна-чение	Формула	Единица в СИ	Психологические
Высота	частота	ν		Герц (Гц)	9-12 Гц, страх.
Громкость	амплитуда	А	$\beta = 10\ell g \frac{I}{I_0}$	Метр (м)	120 дБ, порог болевого ощущения.
Тембр	Суперпозиция основного тона и обертонов				Окраска звука, насыщенность, его индивидуальность.
Длительность	Время звучания	t		Секунда (с)	Ритм.
Скорость	Скорость распространения в среде.	υ	υ = λ·ν	Метр в секунду (м/с)	

27. Нас окружают звуки. Умение определять, откуда они приходят, помогает ориентироваться в окружающей среде и вовремя определять источник опасности. Наземные животные решают эту задачу, сравнивая параметры звука между левым и правым ухом. Как можно определить направление к источнику звука? Например, можно измерить задержку прихода звука между ушами. Если, скажем, звук приходит в правое ухо раньше, чем в левое, значит источник звука находится справа. К тому же, звук проходит через голову заметно хуже, чем через воздух. Поэтому голова отбрасывает так называемую акустическую тень на дальнее от источника звука ухо, и можно измерить разницу громкости звука в левом и правом ухе. Если в правом ухе звук громче, значит, опять-таки, он приходит откуда-то справа. Но почему этот метод не работает под водой? В этом можно легко убедиться, если окажетесь в бассейне. Закройте глаза и попросите кого-нибудь похлопать в ладоши, пока ваша голова находится над водой. Вы сразу же легко определите, откуда приходит звук. А теперь нырните под воду и попросите того человека похлопать под водой. Вы снова услышите звук, но на этот раз будет казаться, что он приходит отовсюду. В чем же тут дело?

Дополнительная информация: Демон Лапласа.

Ум, которому были бы известны для какого-либо данного момента все силы, одушевляющие природу, и относительное положение всех ее составных частей, если бы вдобавок он оказался достаточно обширным, чтобы подчинить эти данные анализу, обнял бы в одной формуле движение величайших тел Вселенной наравне с движением легчайших атомов, не оставалось бы ничего, что было бы для него недостоверно, и будущее так же, как и прошедшее, предстало бы перед его взором.

Лаплас

Это означает, что демон Лапласа должен знать положение и скорости каждой частицы с абсолютной точностью, т. е. он должен быть сложнее самой Вселенной. Но даже если такой демон существовал бы вне нашей Вселенной, абсолютно точные измерения указанного типа все равно были бы невозможны согласно соотношениям неопределенностей Гейзенберга. По словам одного физика, теория относительности разделалась с иллюзиями Ньютона об абсолютном пространстве-времени, квантовая механика развеяла мечту о детерминизме физических событий и, наконец, хаос развенчал Лапласову фантазию о полной

предопределенности развития систем.

Кто трусит рисковать жизнью, тот не добьется в ней успеха.

Шиллер

Таланты истинны на критику не злятся,
Их повредить она не может красоты –
Одни поддельные цветы
Дождя боятся.

И. А. Крылов

Урок 93/14. ОБОБЩАЮЩИЙ УРОК ПО КЛАССИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ

Можно ли построить переговорную трубку между Новосибирском и Томском?

ЦЕЛЬ УРОКА: Систематизировать и обобщить знания учащихся по механике.

ТИП УРОКА: обобщающее повторение.

ОБОРУДОВАНИЕ: обобщающая таблица "Классическая механика".

ПЛАН УРОКА:

1. Вступительная часть
2. Систематизация знаний
3. Решение творческих задач
4. Самостоятельная работа
5. Задание на дом

II. Систематизация знаний по обобщающей таблице “Классическая механика”.

КЛАССИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

I. ОСНОВАНИЕ

1. *Наблюдения*: падение тел. движение тела по наклонной плоскости, движение планет, вращательное движение, колебания маятников.
2. *Эксперименты:* измерение ускорения свободного падения, движение свободного тела, взаимодействие двух свободных тел, проверка справедливости второго и третьего законов Ньютона.
3. *Физические величины:* Путь, перемещение, скорость, ускорение, масса, сила. Импульс, механическая работа, мощность, энергия
4. *Модель:* материальная точка, абсолютно твердое тело.

II. ЯДРО ТЕОРИИ

1. *Постулаты*:
2. *Законы:* Три закона Ньютона, закон всемирного тяготения, закон сохранения энергии, импульса, момента импульса
3. *Константы:* $G = 6.67 \cdot 19^{-11}$ Н·м^2/кг^2.

III. СЛЕДСТВИЯ:

1. *Формулы-следствия:* Решение прямой и обратной задачи механики в конкретных случаях.
2. *Экспериментальная проверка:* Изучение движения тела, брошенного горизонтально, измерение периода колебаний маятника.
3. *Границы применимости:* Не применять при больших скоростях и для описания движения микрочастиц в малых областях пространства.
4. *Практические применения:* Открытие планеты Нептун на “кончике пера”, определение положения тел в любой момент времени.

Пользуясь планом изучения любой физической теории, выясните, к каким элементам теории можно отнести приведенные ниже утверждения:

1. В инерциальной системе отсчета свободное тело движется с постоянной скоростью.
2. С помощью законов механики Ньютона по известным силам рассчитывают

траектории космических кораблей.

3. Движение объектов со скоростями, близкими к скорости света, описывается законами теории относительности.
4. Ускорение груза на пружине в любой момент времени определяется формулой: $a_x = -\omega^2 x$.
5. При непрерывном уменьшении влияния окружающих тел горизонтальное движение любого тела относительно Земли неограниченно приближается к равномерному движению.
6. Материальная точка - тело, размерами которого в данной задаче можно пренебречь.
7. Все тела под действием земного тяготения падают на землю с одинаковым ускорением.
8. Классическая механика получила блестящее подтверждение после открытия учеными планеты Нептун на «кончике пера».
9. Гравитационная постоянная в СИ равна: $6{,}67 \cdot 10^{-11}$ Н $\cdot$м^2/ кг^2.
10. Ускорение ($\vec{a}$) - свойство равноускоренно движущегося тела, измеряемое отношением изменения скорости к промежутку времени, за который это изменение произошло.

Решение задач по группам.

Второй вариант проведения урока. Лучший ученик-механик играет роль И. Ньютона, а интервью у него берет лучшая ученица - механик.

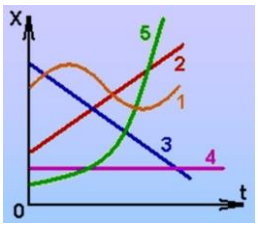
Третий вариант проведения урока. Написать сценарий фильма "Механические колебания и волны".

На экзамене чуда не произойдет! Кто не успел, тот опоздал.

Это жизнь! Кто не движется вперед, автоматически откатывается назад!

IV. *Вопросы:*

1. Почему «капля камень точит»? Какие капли, большие или маленькие, быстрее точат камень?
2. Почему суда (танкеры), предназначенные для перевозки нефти, разделены перегородками на отдельные отсеки-танки?
3. Поезд входит в пролёт железнодорожного моста. В это время пассажиры слышат шумовые удары при каждом мелькании перед окном стальных балок фермы моста. Объясните явление.
4. Опытные шофёры оценивают давление воздуха в баллоне колеса автомашины по звуку, получаемому при ударе по баллону металлическим предметом. Как зависит звук, издаваемый баллоном, от давления воздуха в нём?



5. Опишите движение тела по графику движения.
6. Потому при выстреле из ружья слышен звук?
7. Полный чайник не гремит, а пустой за версту звенит (китайская пословица).

Почему?

8. Если вдыхать гелий, плотность которого в семь раз меньше, чем у воздуха, то голос становится писклявым. Почему?
9. Известно, что приливы и отливы связаны с притяжением Луны и Солнца. От чего зависит высота приливов? Зависит от глубины моря, атмосферного давления, силы и направления ветра, береговой линии, положения Солнца (хотя его влияние незначительно). Ответы обоснуйте.
10. На то и два уха, чтобы больше слышать (русская пословица). Что значит больше?

Задача: Для изучения “неопознанных плавающих объектов” (НПО) в озере установили неподвижный подводный микрофон. Когда был обнаружен покоящийся объект, микрофон регистрировал регулярные короткие звуковые сигналы с интервалом 1 с. Когда НПО пришёл в движение микрофон стал регистрировать сигналы с интервалом 1,001 с. Определите скорость и направление движения НПО. Считать, что за всё время наблюдения НПО и микрофон находились на одной и той же прямой. Во время движения объект издавал сигналы с той же периодичностью, что и в покое. Скорость звука в воде 1500 м/с.

V. Подготовиться к выполнению контрольной работы.

1. Как изменяется основной тон струны при увеличении ее длины? Может ли струна издавать не «чистый» тон? Какова роль грифа и корпуса гитары?
2. Может ли звук распространяться в космосе?
3. Как можно усилить звук собственного голоса при помощи листа бумаги?
4. Принцип уменьшения шума связан с тем, что пузырьки воздуха обладают способностью поглощать значительное количество звука. Когда звуковые волны распространяются через воду и сталкиваются с пузырьком воздуха, они заставляют пузырь сжиматься. Сжатие преобразует звуковую энергию в тепло, что существенно уменьшает шум. Предложите проект установки по уменьшению шума.
5. Каков Ваш диапазон восприятия звука?
6. Бокал, частично заполненный жидкостью, будет резонировать при воздействии звука из громкоговорителя. Исследуйте, как явление зависит от различных параметров.

Хлопок в две руки образует звук. А какой звук дает одна рука?

Из древнеиндийского каона

Урок 92/15.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №9.

То, что мы знаем, это капля, а то, что мы не знаем, это океан.

И. Ньютон

Задавая «вечные» вопросы, мы открываем для себя новые способы существования в этом мире. Это как глоток свежего воздуха. Это то, что дарит радость. Жизнь становится намного интереснее, когда мы отбрасываем нашу убежденность во «всезнании» и встаем перед дверью, ведущей в Тайну.

Фред Алан Вольф, физик-теоретик в области квантовой механики

ПРИМЕРНЫЕ ТЕМЫ КУРСОВЫХ РАБОТ	ПРИМЕРНЫЕ ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ
1. Гидравлический удар: теория, применение в технике. 2. Силы инерции в технике. 3. Механические автоколебания. 4. Проблема подъема грунтовых вод.	1. Кумулятивный эффект и его применение. 2. Анализ путей энергосбережения па транспорте. 3. Акустическое загрязнение биосферы.

Девизами научного творчества Александра фон Гумбольдта можно считать следующие высказывания: *Я стремился представить картину природы в целом и показать взаимодействие ее сил. Я собираю факты и не доверяю своим собственным гипотезам.*

Будем наблюдать, собирать несомненные факты — только таким образом физические теории можно будет утвердить на прочных основаниях.

Мы не притязаем на то, что портрет, нарисованный нами здесь, правдоподобен; скажем одно - он правдив.

Виктор Гюго. Отверженные

ЛИТЕРАТУРА:

1. Л.Я. Зорина. Дидактические основы формирования системности знаний старшеклассников. – М.: Педагогика, 1978.
2. Кикоин И. К., Кикоин А. К. Физика: Учеб. для 9 кл. сред. шк. - 2-е изд. - М.: Просвещение, 1992.
3. А.П. Рымкевич, П.А. Рымкевич. Сборник задач по физике для 8 – 10 классов средней школы. – М.: Просвещение, 1978
4. Гутман В.И., Мощанский В.Н. Алгоритмы решения задач по механике в средней школе. – М.: Просвещение, 1988.
5. М.Е. Тульчинский. Качественные задачи по физике в средней школе. - М.: Просвещение, 1972.
6. И.Е. Иродов, И.В. Савельев, О.И. Замша. Сборник задач по общей физике. – М.: Наука, 1975.
7. С.П. Стрелков, Д.В. Сивухин, В.А. Угаров, И.А. Яковлев. Сборник задач по общей физике. Механика. – М.: Наука, 1977.
8. Д. Джанколи. Физика. - М.: Мир,1989.
9. О.Я. Савченко. Задачи по физике. Новосибирский государственный университет, 1999.
10. Дж. Орир. Физика: Пер. с англ.-М.: Мир, 1981.
11. В.И. Лукашик. Сборник вопросов и задач по физике. – М.: Просвещение, 1981.
12. А.М. Прохоров и др. Физический энциклопедический словарь – М.: Советская энциклопедия, 1983.
13. Е.И. Бутиков, А.С. Кондратьев. Физика: Учебное пособие: В 3 кн. Кн.1. Механика. – М; ФИЗМАТЛИТ, 2004.
14. Мякишев Г.Я., Синяков А.З., Слободсков Б.А. Физика: Учебник для 10-11 классов с углубленным изучением физики. – М.: Дрофа, 2010 г.
15. А.А. Найдин. Системный подход при обучении физике в школе. Новокузнецк, МАОУ ДПО ИПК 2002 г., ISBN 5-7291-0266-6.
16. А.А. Найдин. Системное знание на уроках физики в школе. Новокузнецк, МАОУ ДПО ИПК 2010 г., ISBN 978-5-7291-0489-5.
17. Интернет-ресурсы: http://www.physbook.ru/.
18. А.А. Найдин. Примерные планы уроков. Колебания и волны. – М.: ИПК, Новокузнецк, 2001, ISBN: 5-7291-0219-4.
19. Исаков А. Я. Физика. Решение задач ЕГЭ, часть 1 - 9. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2012.
20. Физика и жизнь. Законы природы: от кухни до космоса / Элен Черски; пер. с англ. И. Веригина; [науч. ред. А. Минько]. — Москва: Манн, Иванов и Фербер, 2021. — 336 с.
21. Горлач В. В. Методы решения физических задач. – М.:ООО Юрайт, 2024.
22. К о н д р а т ь е в А. С., У з д и н В. М. Физика. Сборник задач. —М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. — 392 с. — ISBN 5-9221-0579-5.
23. Личный сайт Найдина Анатолия Анатольевича. https://naidin.ru