

КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

Глава 3. Механические колебания

Урок 22. Динамика свободных колебаний

Цель: выяснить, от чего зависят свободные колебания пружинного маятника.

Оборудование: держатели на пружинах, штативы, секундомер или метроном, наборы грузов.

Ход урока

I. Организационный момент

II. Изучение нового материала

Механические колебания – это движения, которые точно или приблизительно повторяются через определенный интервал времени.

Вынужденные колебания – это колебания, которые происходят под действием внешней, периодически изменяющейся силы. (Движение иглы швейной машинки.)

Свободные колебания – это колебания, которые происходят в системе под действием внутренних сил, после того как система была выведена из состояния равновесия. (Колебания маятника часов, качели.)

Эксперимент 1

Демонстрация колебательных систем

Пружинный маятник, колебание натянутой веревки, математический маятник, канонический маятник, движение жидкости в U-образной трубке.

Что общего у всех колебательных систем?

Условия возникновения механических колебаний:

1. Наличие положения устойчивого равновесия, при котором равнодействующая равна нулю.
2. Хотя бы одна сила должна зависеть от координат.
3. Наличие в колеблющейся материальной точке избыточной энергии.
4. Если тело вывести из положения равновесия, то равнодействующая не равна нулю.
5. Силы трения в системе малы.

Рассмотрим движение тележки массой m , прикрепленной к вертикальной стенке пружиной, жесткостью R .

При растяжении пружины на $x_0 = A$ (амплитуда) на тело начинает действовать сила упругости, которая стремится вернуть тело в положение равновесия, но дойдя до положения равновесия, в котором сила упругости равна нулю, тело начинает сжимать пружину. При сжатии пружины появляется возрастающая сила упругости, направленная к положению равновесия.

Демонстрация

На тележку прикрепили фломастер, под тележку положили кусок ватмана. Выведем тележку из положения равновесия, и одновременно будем двигать ватман на себя. Что же увидим?

Увидим линию, так как тележка движется, значит, изменяется координата. Линия будет выражать зависимость координаты от времени. На ватмане будет косинусоида.

Свободные колебания пружинного маятника являются гармоническими.

Зависимость координаты от времени можно записать:

$$x = A \cos \omega_0 t \text{ или } x = x_m \cos \omega_0 t .$$

A или x_m – амплитуда – магнитное отклонение от положения равновесия.

Так как косинус изменяется от -1 до 1 , то координата лежит в промежутке: $-A \leq x \leq A$.

Такой величиной может быть не обязательно координата, давление, сила тока и т. д.

ω_0 – циклическая частота.

Найдем период по II закону Ньютона:

$$ma_x = F_{\text{упр}} ;$$

$$F_{\text{упр}} = -kx$$

$$-m\omega_0^2 A \cos \omega_0 t = -kA \cos \omega_0 t ;$$

$$m\omega_0^2 = k ;$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{K}{m}} \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} .$$

Период определяется жесткостью пружины и массой, то есть собственными характеристиками колебательной системы.

Далее учащиеся открывают учебник на с. 173 и после прочтения темы «Энергия свободных колебаний» должны ответить на вопрос: Как полная механическая энергия гармонических колебаний зависит от их амплитуды?

III. Закрепление изученного материала

Фронтальный эксперимент:

1. Соберите пружинный маятник.
2. Измерьте его период.
3. Зная массу груза, рассчитайте жесткость пружины.
4. Полученный результат проверьте по закону Гука.

IV. Решение задач

Задача № 1

Координата колеблющегося тела изменяется по закону: $x = 5 \cos \pi t$. Чему равна амплитуда, период и частота колебаний, если в формуле все величины выражены в единицах СИ?

Дано: $x = 5 \cos \pi t$	Решение: Сопоставим данный закон изменения координаты с законом гармонических колебаний.
$A - ?$	$x = A \cos \frac{2\pi}{T} \cdot t$; $x = 5 \cos \pi t$.
$T - ?$	
$\nu - ?$	

Видно, что множитель A перед косинусом есть амплитуда колебаний, следовательно, амплитуда колебаний тела равна 5 м, так как в данном законе этот множитель равен 5.

Множитель перед временем t под знаком косинуса в обеих формулах одинаков, поскольку данное движение тела является также гармоническим колебанием.

Поэтому $\frac{2\pi}{T} = \pi$, откуда $T = \frac{2\pi}{\pi} = 2$ с. Частоту колебаний найдем

по формуле: $\nu = \frac{1}{T} \Rightarrow \nu = \frac{1}{2} = 0,5$ Гц.

(Ответ: $A = 5$ м; $T = 2$ с; $\nu = 0,5$ Гц.)

Задача № 2

Уравнение движения гармонического колебания имеет вид $x = 0,02 \cos \frac{\pi}{2} \cdot t$. Найти координаты тела через 0,5 с; 2 с. Все величины в формуле выражены в единицах СИ.

Дано: $x = 0,02 \cos \frac{\pi}{2} \cdot t$	Решение: $x_1 = 0,02 \cos \frac{\pi}{2} \cdot t$, тогда при $t_1 = 0,5$ с:
$x_1 - ?$	$x_1 = 0,02 \cos \frac{\pi}{2} \cdot 0,5 = 0,02 \cos \frac{\pi}{2} \cdot \frac{1}{2} = 0,02 \cos \frac{\pi}{4}$,
$x_2 - ?$	

$$\cos \frac{\pi}{4} = \cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2} \approx 0,7.$$

Тогда $x_1 = 0,02 \cdot 0,7 = 0,014 \text{ м} = 1,4 \text{ см}$; x_2 при $t_2 = 2 \text{ с}$:

$$x_2 = 0,02 \cos \frac{\pi}{2} \cdot 2 = 0,02 \cos \pi = 0,02 \cdot (-1) = -0,02 \text{ м}.$$

(Ответ: $x_1 = 1,4 \text{ см}$; $x_2 = -2 \text{ см}$.)

Задача № 3

Напишите закон гармонического колебания груза на пружине, если амплитуда колебаний 80 см, а частота колебаний 0,5 Гц.

Дано: A = 80 см = 0,8 м v = 0,5 Гц x(t) – ?	Решение: $x = A \cos \frac{2\pi}{T} \cdot t.$
---	---

1 способ:

$$T = \frac{1}{v}, \text{ т.е. } T = \frac{1}{0,5} = \frac{10}{5} = 2 \text{ с}.$$

$$x = 0,8 \cos \frac{2\pi}{2} \cdot t \text{ или } x = 0,8 \cos \pi \cdot t.$$

2 способ:

$$T = \frac{1}{v}, \text{ то } x = A \cos \frac{2\pi}{\frac{1}{v}} \cdot t = A \cos 2\pi v t;$$

$$x = 0,8 \cos 2\pi \cdot 0,5 t \text{ или } x = 0,8 \cos \pi \cdot t.$$

(Ответ: $x = 0,8 \cos \pi \cdot t$.)

Задача № 4

Пользуясь графиком изменения координаты колеблющегося тела от времени, определить амплитуду, период и частоту колебаний. Записать уравнение зависимости $x(t)$ и найти координату тела через 0,1 с и 0,2 с после начала отсчета времени.

(Ответ: A = 0,3 см; T = 1,6 с; v = 0,625 Гц; v = 0,625;

$x(t) = 0,3 \cos 1,25 \pi t$; $x_1 \approx 0,28 \text{ м}$, $x_2 \approx 0,21 \text{ м}$.)

V. Подведение итогов урока

Домашнее задание

п. 18–19, 20, 21.

Урок 23. Решение задач по теме «Механические колебания»

Цели: развитие навыков самостоятельной работы; отработка методов решения задач.

Ход урока

I. Организационный момент

II. Решение задач

Задачи на «3» балла

1. Груз, подвешенный к пружине, совершает 10 колебаний в минуту. Определите период колебаний, частоту и жесткость пружины, если масса груза – 0,6 кг. (Ответ: 6 с; 0,17 Гк; 0,67 Н/м.)

2. Как относятся длины маятников, если за одно и то же время первый маятник совершил 30 колебаний, а второй – 15 колебаний? (Ответ: 4:1.)

3. Математический маятник длиной 98 см совершает за 2 минуты 60 полных колебаний. Определите частоту, период колебаний и ускорения свободного падения в том месте, где находится маятник. (Ответ: 2 с; 0,5 Гц; 9,7 м/с².)

4. Как относятся массы двух пружинных маятников, колеблющихся на одинаковых пружинах, если за одно и то же время первый совершил 10 колебаний, а второй – 40 колебаний? (Ответ: 16:1.)

Задачи на «4» балла

1. Один маятник имеет период 5 с, другой 3 с. Каков период колебаний математического маятника, длина которого равна разности длин указанных маятников? (Ответ: 4 с.)

2. Часы с маятником длиной 0,5 м за сутки отстают на 30 мин. Что надо сделать с маятником, чтобы часы не отставали? (Ответ: Уменьшить длину на 2,1 см.)

3. Часы с маятником длиной 1 м за сутки спешат на 1 час. Что надо сделать с маятником, чтобы часы не спешили? (Ответ: Увеличить длину на 8,4 см.)

4. Как изменится период колебаний математического маятника при перенесении его с Земли на Марс? Масса Земли в 9 раз больше массы Марса, а радиус Земли в 1,9 раза больше радиуса Марса. (Ответ: Увеличится в 1,6 раза.)

Задачи на «5» баллов

1. Как изменится период колебаний маятника при перенесении его с Земли на Луну? Масса Луны в 81 раз меньше массы Земли, а

радиус Земли в 3,7 раза больше радиуса Луны. (*Ответ:* Уменьшится на 2,1 см.)

2. С каким ускорением и в каком направлении должна двигаться кабина, чтобы находящийся в ней секундный маятник за время 2 мин 30 с совершил 100 колебаний? (*Ответ:* 5,4 с.; движение вниз.)

3. На какую часть надо уменьшить длину математического маятника, чтобы период колебаний маятника на высоте 10 км был равен периоду его колебаний на поверхности Земли? Радиус Земли 6400 км. (*Ответ:* 0,0031.)

4. Из двух математических маятников один совершил 10 колебаний, а другой за то же время 6 колебаний. Найти длину каждого маятника, если сумма их длин равна 42,5 см. (*Ответ:* 11, 25 см; 31,25 см.)

Задачи повышенной трудности

1. Пружинный маятник совершает косинусоидальные колебания после того, как его вывели из положения устойчивого равновесия. Через сколько времени в долях периода кинетическая энергия сравняется с потенциальной? (*Ответ:* $t = 1/7 T$.)

2. Пружинный маятник совершает синусоидальные колебания после того, как его вывели из положения устойчивого равновесия. Определите соотношение между кинетической энергией и потенциальной энергией маятника через $1/8$ периода после начала колебаний. (*Ответ:* 1:1.)

III. Подведение итогов урока

Домашнее задание

Р – 411, Р – 412, Р – 413, Р – 414.

Урок 24. Вынужденные колебания. Резонанс

Цель: сформулировать понятие «резонанс»; отрицательные воздействия резонанса.

Ход урока

I. Организационный момент

II. Проверка домашнего задания, повторение

- Приведите примеры затухающих колебаний.
- Дайте определение затухающим колебаниям.
- Приведите примеры аperiodического движения.
- При каком условии возникают аperiodические движения?
- Что такое статическое смещение?

III. Изучение нового материала

Наряду со свободными колебаниями, происходящими под действием внутренних сил, в системе возможны колебания, вызванные периодической внешней силой.

Вынужденные колебания происходят под действием внешней периодической силы.

Пустое тело совершает под действием периодической силы:

$$F_x = F_0 \cos \omega t ;$$

$$Q = \frac{F_x}{m} = \frac{F_0}{m} \cdot \cos \omega t ;$$

$$\frac{F_0}{m} = a_0 - \text{амплитуда ускорения тела.}$$

Координата изменяется по закону $x = A \cos \omega t$.

$$\text{Для гармонических колебаний } A = \frac{a_0}{\omega_m^2}, \quad A = \frac{a_0}{\omega_m^2}.$$

Найдем амплитуду вынужденных колебаний пружинного маятника по II закону Ньютона:

$$ma_x = kx + F_0 \cos \omega t ;$$

$$a_x = -\omega^2 A \cos \omega t ;$$

$$-m\omega^2 A \cos \omega t = -kA \cos \omega t + F_0 \cos \omega t ;$$

$$k = m\omega_0^2 ;$$

$$A = \left| \frac{F_0}{m(\omega_0^2 - \omega^2)} \right|.$$

Из этого следует, что амплитуда колебаний зависит от частоты вынуждающей силы.

Если частота вынуждающей силы меньше частоты собственных колебаний $\omega < \omega_0$, то при увеличении частоты ω разность $(\omega_0^2 - \omega^2)$ уменьшается.

При частоте $\omega < \omega_0$ амплитуда вынужденных колебаний увеличивается с ростом частоты.

$$\text{При } \omega \gg \omega_0 \quad A \approx \frac{F_0}{m\omega^2}.$$

Амплитуда вынужденных колебаний обратно пропорциональна квадрату частоты ω , амплитуда вынужденных колебаний убывает с ростом частоты.

Демонстрация резонанса маятников

Если частота вынуждающих сил приблизительно равна частоте собственных колебаний, то знаменатель стремится к нулю. В этом случае амплитуда колебаний резко возрастает.

Резонанс – резкое возрастание амплитуды вынужденных колебаний при совпадении частоты внешней силы с частотой собственных колебаний системы.

При резонансе внешняя сила действует синхронно со свободными колебаниями системы.

Многие физические объекты, обладая определенной упругостью, могут совершать собственные колебания. Поэтому внешнее периодическое воздействие на них может оказаться резонансным. Изучение явления резонанса позволяет избежать отрицательных последствий этих воздействий, и использовать энергетические ресурсы резонансных процессов.

Хорошо известно, что для прекращения расплескивания воды в ведре необходимо изменить темп ходьбы. При этом изменяется частота внешней силы.

При землетрясениях разрушаются здания одинаковой высоты, так как их собственная частота колебаний определяется высотой и совпадает с частотой колебания почвы.

Явление резонанса позволяет с помощью сравнительно малой силы получить значительное увеличение амплитуды колебаний. (Используется в горнодобывающей промышленности.)

IV. Закрепление изученного материала

- Что называется резонансом?
- Каково условие резонанса?
- Начертите резонансные кривые.
- Приведите примеры вредного и полезного проявления резонанса.

V. Проведение лабораторной работы

Лабораторная работа по теме

«Определение скорости звука при помощи резонансной трубы»

Прибор, применяемый в этой работе, показан на рис. 22.

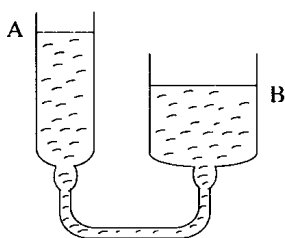


Рис. 22

Резонансная труба представляет собой длинную узкую трубу A , соединенную с резервуаром B через резиновый патрубок. В обеих трубах находится вода. Когда B поднят, длина воздушного столба в A уменьшается, а когда B опускается, длина столба воздуха в A увеличивается. Поместите колеблющийся камертон сверху A , когда длина столба воздуха в A практически равна нулю. Вы не услышите никакого звука. По мере увеличения длины столба воздуха в A вы услышите, как звук усиливается, достигает максимума, а затем начинает затихать. Повторите эту процедуру, регулируя B таким образом, чтобы длина воздушного столба в A давала максимальный по силе звук. Затем измерьте длину J_1 столба воздуха.

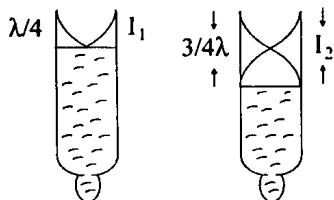


Рис. 23

Громкий звук слышен потому, что собственная частота столба воздуха длиной J_1 равна собственной частоте камертона, и поэтому воздушный столб колеблется в унисон с ним. Вы нашли первое положение резонанса. Фактически длина колеблющегося воздуха несколько больше столба воздуха в A .

$$\text{Итак, } \frac{1}{4} \lambda = J_1 + l.$$

Длина l — это дополнительная длина, которая должна быть добавлена к длине столба воздуха J_1 , чтобы получить более точную длину колеблющегося воздуха. Эта поправка называется краевой коррекцией.

Если вы опустите B еще ниже, так чтобы длина воздушного столба увеличилась, то найдете другое положение, в котором звук достигает максимальной силы. Точно определите это положение и измерьте J_2 длину столба воздуха. Это — второе положение резонанса. Как и прежде, вершина находится на открытом конце трубы, а узел — на поверхности воды. Это может быть достигнуто только в случае, когда длина столба воздуха в трубе приблизительно составляет $\frac{3}{4}$ дли-

ны волны $\left(\frac{3}{4} \lambda\right)$. Кривая коррекция остается такой же, как и прежде,

$$\text{поэтому } \frac{3}{4} \lambda = J_2 + l.$$

Вычитание двух замеров дает:

$$\frac{3}{4}\lambda - \frac{1}{4}\lambda = J_2 + l - (J_1 + l);$$

$$\frac{1}{2}\lambda = J_2 - J_1 \text{ и поправка сокращается.}$$

Итак,

$$C = f\lambda = f \cdot 2(J_2 - J_1),$$

где f – частота камертона. Это быстрый и достаточно точный способ определения скорости звука в воздухе.

VI. Подведение итогов урока

Домашнее задание

п. 22.

Р – 414; Р – 415.

Урок 25. Колебательная система под действием внешних сил

Цель: дать характеристику свободных колебаний.

Ход урока

I. Организационный момент

II. Проверка домашнего задания, вопросы для повторения

- Приведите примеры вынужденных колебаний.
- Какие колебания называются вынужденными?
- Что такое период?
- Что такое амплитуда?
- От чего зависит период пружинного маятника?
- Как зависит полная механическая энергия от амплитуды?

III. Изучение нового материала

1. Демонстрация. Математический маятник. Пружинный маятник.
 - Что мы видим с течением времени? (*Уменьшение амплитуды. Колебания становятся затухающими. Затухающие колебания – колебания, амплитуда которых уменьшается с течением времени.*)
 - Почему уменьшается амплитуда? (*Механическое движение сопровождается трением. Амплитуда направлена в противоположную сторону перемещения маятника, совершает отрицательную работу. При увеличении трения сопротив-*

ление движению оказывается столь значительным, что выведенный из положения маятник, теряя энергию, может не пройти положение равновесия. Подобное движение называется **апериодичным** (применяется в специальном устройстве для гашения колебаний кузова автомобиля – амортизаторе.)

Пусть на пружинный маятник действует сила \vec{F}_0 постоянная, направленная вдоль оси X. При растяжении пружины сила упругости компенсирует эту силу:

$$F_{\text{упр}} = k_{x_0} = F_0;$$

$$x_0 = \frac{F_0}{R}.$$

Статическое смещение – изменение положения равновесия колебательной системы под действием постоянной силы:

$$\omega = \sqrt{\frac{\omega^2}{m}};$$

$$x_0 = \frac{F_0}{m\omega_0^2}.$$

Измеряя статическое смещение пружины с известной жесткостью, можно определить массу тела, подвешенного на пружине.

2. Проведение лабораторной работы.

Лабораторная работа по теме «Изучение свободных колебаний»

Цель: исследование влияния силы трения и амплитуды на период свободных колебаний.

Оборудование: прочная нить, небольшой грузик, часы.

Ход работы

Подвесьте груз на двух нитях длиной около метра. Отклоните нить от вертикали на угол приблизительно 20–30°.

Определите число колебаний и время, за которое амплитуда уменьшится в некоторое число раз, например, в 2 раза.

Повторите эксперимент, отклонив первоначально маятник на расстояние X_{max} , и снова определите число колебаний и время уменьшения амплитуды в 2 раза, то есть до величины $\frac{x_{\text{max}}}{4}$.

Результаты измерений запишите в таблицу:

Удалось ли вам обнаружить зависимость времени одного колебания от амплитуды?

Укрепите на двух нитях с помощью скрепок лист бумаги площадью 1–2 дм². Прodelайте аналогичную серию опытов.

Удалось ли вам обнаружить во второй серии опытов зависимость времени одного колебания от амплитуды?

Удалось ли вам обнаружить влияние сопротивления на время одного колебания?

Опыты, аналогичные тем, которые вы провели, и теоретический анализ свободных колебаний показывают следующее:

а) Время одного колебания при достаточно малых амплитудах не зависит от амплитуды.

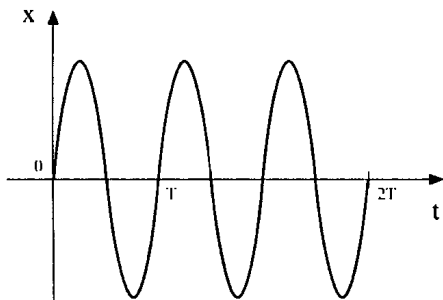


Рис. 24

Это время называется **условным периодом**. (Слово «условный» используется для того, чтобы подчеркнуть, что через время T тело не возвращается в прежнее состояние.)

б) Степень затухания характеризуется величиной τ («тау»), которая называется **временем релаксации**.

Время релаксации τ – время, за которое амплитуда колебаний убывает в $e = 2,7$ раз.

в) Время релаксации позволяет определить коэффициент сопротивления β в формуле для силы сопротивления.

$$F_{\text{сопр}} = -\beta v.$$

Именно $\beta = \frac{2m}{\tau}$, где m – масса колеблющегося тела.

IV. Подведение итогов урока

Домашнее задание

п. 22, 23, 24.

Урок 26. Лабораторная работа по теме «Измерение ускорения свободного падения с помощью маятника»

Цель: вычислить ускорение свободного падения с помощью формулы для периода колебаний математического маятника.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}. \quad (1)$$

Для этого необходимо измерить период колебания и длину подвеса маятника. Тогда из формулы (1) можно вычислить ускорение свободного падения:

$$g = \frac{4\pi^2}{T^2} \cdot l. \quad (2)$$

Средства измерения: часы с секундной стрелкой; измерительная лента ($\Delta x = 0,5$ см).

Материалы: шарик с отверстием; нить; штатив с муфтой и кольцом.

Ход работы

1. Установите на краю стола штатив. У его верхнего кольца укрепите при помощи муфты кольцо и подвесьте к нему шарик на нити. Шарик должен висеть на расстоянии 3–5 см от стола.

2. Отклоните шарик на 5–8 см от положения равновесия и отпустите его.

3. Измерьте длину подвеса мерной лентой.

4. Измерьте время Δt 40 полных колебаний (N).

5. Повторите измерения Δt (не изменяя условий опыта) и найдите среднее значение (Δt_{cp}).

6. Вычислите среднее значение периода колебаний T_{cp} по среднему значению Δt_{cp} .

7. Вычислите значение g_{cp} по формуле:

$$g_{cp} = \frac{4\pi^2}{T_{cp}^2} \cdot l. \quad (3)$$

8. Полученные результаты запишите в таблицу:

№ опыта	l, м	N	Δt, с	Δt _{cp} , с	T _{cp} = $\frac{\Delta t_{cp}}{N}$	g _{cp} = 9,8 м/с ²

9. Сравните полученное среднее значение для $g_{\text{ср}}$ со значением $g = 9,8 \text{ м/с}^2$. Просчитайте его относительную погрешность изменений по формуле:

$$\varepsilon_g = \frac{|g_{\text{ср}} - g|}{g}.$$

Домашнее задание

Повторить п. 18–26.

Урок 27. Решение задач по теме «Механические колебания»

Цели: развитие навыков самостоятельной работы; отработка методов решения задач.

Ход урока

I. Организационный момент

II. Решение задач

Задачи на «3» балла

1. Математический маятник совершает 100 колебаний за 314 с. Определить период колебаний маятника, частоту колебаний и длину нити маятника. (*Ответ:* 3,1 с; 0,32 Гц; 2,5 м.)

2. Во сколько раз уменьшится период колебаний пружинного маятника, если вместо груза массой 400 г к той же пружине подвесить груз массой 1,6 кг? (*Ответ:* В 2 раза.)

3. Груз, подвешенный к пружине, совершает 30 колебаний в минуту. Определить период колебаний, частоту и массу груза, если жесткость пружины 24 м. (*Ответ:* 2 с; 0,5 Гц; 0,2 кг.)

4. Найти отношение периодов двух математических маятников, если длина ними одного маятника 1,44 м, а другого – 0,64 м. (*Ответ:* 1,5.)

Задачи на «4» балла

1. Тело, прикрепленное к пружине, совершает колебания с некоторым периодом T . Если увеличить массу тела на 60 г, то период колебаний удваивается. Какова первоначальная масса тела? (*Ответ:* 20 г.)

2. Маятниковые часы идут правильно при длине маятника 55,8 см. На сколько отстанут часы за сутки, если удлинить маятник на 0,5 см? Маятник считать математическим. (*Ответ:* 6,4 мин.)

3. Тело, прикрепленное к пружине, совершает колебания с некоторым периодом. Если уменьшить массу груза на 30 г, то период колебаний уменьшится в 2 раза. Найти первоначальную массу груза. (Ответ: 40 г.)

4. На какой угол от вертикали надо отклонить математический маятник длиной 2 м, чтобы груз маятника прошел положение равновесия со скоростью 0,6 м/с? (Ответ: 8° (5°)).

Задачи на «5» баллов

1. За одно и то же время один математический маятник делает 40 колебаний, а второй – 30. Какова длина каждого маятника, если разность их длин 7 см? (Ответ: 9 см; 16 см.)

2. Часы с секундным маятником на поверхности Земли идут точно. На сколько часы будут отставать за сутки, если их поднять на высоту 5 км над поверхностью Земли? Радиус Земли 6400 км. (Ответ: 67,5 с.)

3. За одно и то же время один пружинный маятник делает 10 колебаний, а второй – на пружине с той же жесткостью – 20 колебаний. Определите массы этих маятников, если сумма их масс равна 3 кг. (Ответ: 2,4 кг; 06 кг.)

4. Во сколько раз период колебаний математического маятника на некоторой планете больше, чем на Земле, если радиус планеты вдвое меньше радиуса Земли, а плотности одинаковы? (Ответ: в 1,41 раза.)

Задачи повышенной трудности

1. Как изменится период вертикальных колебаний груза, висящего на двух одинаковых пружинах, если их последовательное соединение заменить параллельным? (Ответ: $T_1 : T_2 = 2$.)

2. Цилиндрический брус находится в вертикальном положении на границе раздела двух жидкостей и делится этой границей на две равные части. Длина бруска l , плотность нижней жидкости ρ_1 , верхней – ρ_2 . Найти период малых вертикальных колебаний бруска без учета

сил трения. (Ответ: $T = 2\pi \sqrt{\frac{(\rho_1 + \rho_2) \cdot l}{(\rho_1 - \rho_2) \cdot 2g}}$ для $\rho_1 > \rho_2$.)

III. Подведение итогов урока

Домашнее задание

Р – 419; Р – 420; Р – 421.

Урок 28. Решение экспериментальных задач

Цель: научиться использовать теоретические знания на практике.

Ход урока

I. Организационный момент

II. Решение задач

Первая группа

Задание № 1

Сделать два маятника приблизительно одного размера: один – из картофелины, другой – из бумажного шарика.

Подвесьте их на нитях одинаковой длины. Отклоните их на одинаковый угол от положения равновесия. Подсчитайте их периоды. Сравните полученные значения. Сделайте вывод, от чего может зависеть период колебаний такого маятника. Одновременно ли прекратятся колебания. Почему? Объясните полученные результаты.

Вторая группа

Задание № 2

Изготовьте математический маятник из подручных средств. Приведите его в движение, подсчитайте частоту колебаний. Измерьте длину маятника, так чтобы частота увеличилась вдвое. Проверьте правильность своего расчета на опыте. Сделайте вывод о том, как меняется частота математического маятника в зависимости от его длины.

Третья группа

Задание № 3

Подвесьте наручные механические часы на прочной веревке. Если к часам не прикасаться, то через некоторое время они все равно придут в слабое движение. Проверьте, так ли это. Почему? Приведите часы в колебательное движение, так чтобы они сделали не меньше 50 колебаний. Как отразилось такое движение на точности хода этих часов. Почему? Можно ли установить, когда часы начинают спешить, а когда отставать?

Четвертая группа

Задание № 4

Изготовьте математический маятник. Измерьте период его коле-

баний. Измерьте время, за которое колебания затухнут. Опустите маятник в воду и снова измерьте период его колебаний и время затухания. Сравните результаты. Сделайте вывод о влиянии окружающей среды на колебательное движение.

Пятая группа

Задание № 5

Как и почему меняется период колебания стального шарика, если под ним установить электромагнит? Зазор между сердечником электромагнита и шарика должно быть 3–10 мм. Шарик будет заметно притягиваться к электромагниту, поэтому его ускорение около магнита возрастет. Период шарика уменьшится. Проверьте экспериментально.

III. Подведение итогов работы

Домашнее задание

Р – 425; Р – 426; Р – 427.