**Задания простые.**

**Задание 1**

Маятник на пружине. Если мы точно подберем массу груза и упругость пружины, то будем иметь прекрасную модель связанных колебаний. Если оттянуть пружину строго вертикально, то, как и следовало ожидать, возникают вертикальные колебания, но скоро они прекращаются, и груз начинает раскачиваться подобно маятнику часов (рис.).
Однако через некоторое время груз снова будет колебаться вертикально. Каким-то образом энергия в системе переходит от одного вида колебаний к другому. Как подобрать массу груза, а также упругость и длину пружины, чтобы в системе осуществлялся такой периодический переход энергии? Почему он вообще происходит и с какой частотой?

рис. 3

**Оборудование**: пружина, набор грузов, линейка, штатив, весы с разновесом, пластилин (рис3)

**Указания**.

Массу груза и жесткость пружины нужно подобрать так, чтобы частота чисто упругих колебаний совпадала с частотой чисто «маятниковых». Как только в системе начнутся колебания одного из этих типов, из-за изгиба пружины возникнут и другие колебания, и энергия колебаний первого типа будет «перекачиваться» колебаниям второго типа и наоборот. Т.о должно выполняться условие ℓ/g=m/k
Поэтому последовательность действий должна быть следующей:

1. Измерить длину пружины
2. Определить коэффициент жесткости пружины. Для этого подвесить груз на пружине и рассчитать k=mg/x, где х - растяжение пружины.
3. Затем рассчитать массу необходимого груза. m = ℓk/g.
4. С помощью пластилина довести массу до расчетной
5. Проверить экспериментально полученный результат

**Дополнительная информация** (раздается учащимся для ознакомления в случае правильного выполнения экспериментального задания).

**Флаттер** (от англ. flutter − дрожание, вибрация) − сочетание самовозбуждающихся незатухающих изгибающих и крутящих колебаний крыла, других элементов конструкции самолёта, главным образом крыла в полёте, либо несущего винта вертолёта, возникающих при достижении некоторой скорости, зависящей от характеристик данного самолёта (рис.4). Связь между двумя типами колебаний (изгибными и крутильными) крыла самолета одно время приводила к разрушению крыла.

рис. 4

**Задание 2**

Маятник длиной**L** совершает колебания на штативе. Под точкой подвеса маятника на расстоянии **а=L/2**от нее На штативе закреплен стержень, препятствующий движению шарика. Найти период**Т** колебания такого маятника.

**Оборудование**: нить, груз, линейка, штатив с муфтой, лапкой и закрепленным посредине стержнем (рис.5)

**Указания**.

Этот сложный колебательный процесс можно разбить на 2 колебательных процесса: с длиной нити маятника**L** и**L/2.**

**Период колебания маятника длиной L равен Т1=2π√ℓ/g; маятника L/2 равен Т2=2π√L/2g. Период колебаний получившегося маятника равен Т=(Т1+Т2)/2=2π√L/g·(1+1/√2)≈3,42√L.**

рис. 5

**Измерив** L, рассчитаем период Т.

**Задание 3**

Рассчитайте периоды малых колебаний груза на двух пружинах, соединенных

а) последовательно и 6) параллельно. Результа­ты расчетов проверьте экспериментально. Сделайте вывод.

**Оборудование**: штатив с муфтой и лапкой, две пружины от лабораторного динамометра, грузы массой 100 г из набора по механике, линейка измерительная.

**Указания**.

**1**. Получите формулы для расчета периодов колебаний груза на пружинах. Обозначим массу груза m, а жест­кость каждой пружины k*.*

При последователь­ном соединении пружин (рис. 6) жесткость kСl системы равна k/2, так как под действием той же силы, т. е. груза

(F = mg),удлинение системы будет в 2 раза больше, чем одной пружины. Поскольку период упругих колеба­ний груза определяется формулой Тт1 = 2π√m/k следовательно, в данном случае Тт1 = 2π√2m/k (1)

рис. 6

рис. 6

При параллельном соединении пружин (рис. 5) жесткость kС2системы равна 2k; так как под действием той же силы (F = mg)удлинение системы будет в 2 раза меньше. Следовательно, период Тт2 упругих колеба­ний груза массой m в этом случае будет ра­вен

 Тт2 = 2π√m/2k (2)

Чтобы теоретически рассчитать Тт1 и Тт2 по формулам (1) и (2), нужно вначале узнать жесткость k одной пружины. Для этого под­весьте к ней груз известкой массы (m = 0,1 кг) и измерьте удлинение *х* пружины. Вычислите *k* по формуле *k* = *mg/x.*

**2**. Определите теперь экспериментально периоды колебаний Тэ1и Тэ2 груза на раз­ных установках (см. рис. 4 и 5). Для этого измерьте t1 и t 2*-* время колебаний груза в каждом случае и число совершенных за это время колебаний - N1 и N 2*.* Проведите рас­четы Тэ1 и Тэ2 по формулам: Тэ1= t1/N1; Тэ2= t2/N2

**3**. Сравните значения периодов колебаний систем, полученных теоретически и на опы­те - Тэ1 и Тэ2; Тт1и Тт2. Сделайте вывод о значимости или незначительности выявленных отклонений; укажите причины.

**Задание 4**

k1

k2

Определите отношение масс двух грузов и жесткостей двух пружин.

**Оборудование**: штатив с муфтой и лапкой, два груза разных масс m1и m2 и две пружины разных жесткостей k1 и k2,ча­сы с секундной стрелкой. (рис.7)

рис. 7

**Указания**.

**1**. Подвесьте к штативу груз m1на пружине жесткости k1и приведите его в колебание. Частота колебаний груза *ν*11 (мы вводим двойную индексацию *v*:первый индекс показывает номер пружины, второй - груза) будет равна *ν*11= 1/2π√k1/m1 (1)

Аналогично для второго груза, подвешенного на второй пружине: *ν*22= 1/2π√k2/m2 (2)

**2**. Частоты *ν*11 и *ν*22 измерьте, подсчитав число колебаний N11и N22пружинных маят­ников за определенные промежутки времени: *ν*11= N11/t1 (3)

 *ν*22= N22/t2

Выбрав t1 = t2 из выражений (1)-(3) получите:*ν*11/ *ν*22 = N11/ N22 = √(k1/ k2)∙(m2/ m1) (4)

В уравнении (4) два искомых отношения: k1/ k2 и m1/ m2*.*

**3**. Для их нахождения необходимо еще одно уравнение. Чтобы получить его, поме­няйте грузы местами: к пружине жесткостью k1 подвесьте груз массой m1,а к пружине жесткостью k2 — m2*.* Измерьте, как было описано в п. 2, частоты *ν*12 и *ν*21 новых пру­жинных маятников. Найдите отношение: *ν*12/ *ν*21 = N12/ N21√(k1/ k2)∙(m1/ m2) (5)

Решив систему уравнений (4) и (5), получите выражения для искомых отношений:

k1/ k2 = N11N12/ N22 N21 m1/m2= N12N22/ N21 N11

**4**. Используя измеренные значения N11,N12, N21, N22 рассчитайте искомые - отно­шения

k1/ k2 и m1/m2*.*

**Примечание для учителя**. Эту задачу можно усложнить: не включать в оборудование часы. В этом случае один из маятников берут за эталон; его период остает­ся постоянным: Т0= const.

Можно рассчитать отношение периодов колебаний T/T0как функцию от m и k*.* Для это­го отклоните оба маятника от положения равновесия и отпустите; вы будете наблюдать вна­чале колебания обоих маятников в одной фа­зе, а далее фазы "разойдутся" в связи с не­точным равенством Т и Т0*.* Через некоторое время фазы колебаний вновь совпадут. Под­считайте через какое число *N* колебаний "математического" маятника это произойдет. При повторном совпадении фазы один из маятников совершит на 1 колебание больше или меньше, чем другой, т. е. будет выпол­няться соотношение: N0 Т0 = (N0 + l)T. Отсюда Т/Т0= N0/(N0 + l)

**Задания сложные.**

**Задание 5**

Создайте вертикальные колебания пробир­ки с песком в сосуде с водой. Рассчитайте период вертикальных колебаний пробир­ки с песком в сосуде с водой. Создайте вертикальные колебания пробир­ки с песком в сосуде с водой. Результат расчета проверьте экспериментально, учтя при этом погрешности измерений. Сделайте заклю­чение.

**Оборудование**: сосуд с водой, пробирка, песок, весы и гири, часы с секундной стрелкой или секундомер, нить, линейка измерительная.

**Указания.**

**1**. Насыпьте в пробирку такое количество песка, чтобы она при погружении в сосуд с водой плавая в вертикальном положении. При небольшом нажатии пальцем на верхнюю часть пробирки возни­кают ее колебания.

**2**. Проведите теоретический расчет ко­лебаний пробирки. В состоянии равновесия сила тяжести пробирки с песком компенсируется выталкивающей силой. При малом смещении Х пробирки вниз, возникает дополнительная (за счет увеличения глубины погружения) выталкивающая сила ∆Fа, направленная тоже вверх (рис.8). Она равна по модулю ∆Fа = ρSxg,

рис. 8

где ρ *–* плотность воды, S *-* площадь внешнего сечения пробир­ки,

g *-* ускорение свободного падения; эта сила ничем не компенсируется.

Запишите это выражение силы ∆Fа в проекции на вертикальную ось ОХ. Посколь­ку ось направлена вниз, ∆Fа = - ρSxg. Если обозначить ρSg через *k,* то *F* = -kх,

Мы пришли к выводу, что пробирка совер­шает движение под действием силы типа

*F = -kx.* Значит, движение является гармо­ническим колебанием. В этом случае теоретически определенный период Ттравен Тт = 2π√m/k.

Измерив с помощью весов и гирь массу mпробирки с песком, а с по­мощью нити и линейки длину ее окружности, рассчитайте площадь поперечного сечения пробирки

S= πR2=π(ℓ/2π) 2=πℓ2/4π2; затем k: k= ρSg и период Т ее вертикальных ко­лебаний no формуле Тт=2π√4 πm/ρℓ2 g.

Определите погрешности измерений при нахождении Тт

**3**. Проведите экспериментальную проверку расчета. Для этого определите опытным пу­тем период колебаний пробирки с песком, "заставив" ее совершить *N* полных колебаний и, измерив пошедшее на это время t, период Тэрассчитайте по формуле Тэ = t/n.Определите погрешности измерений при нахож­дении Тэ.

**Методическое замечание**. Желательно од­ной группе учащихся в качестве сосуда с водой дать химические стаканы большого диаметра, другой - мензурки малого диа­метра. При этом первая группа получит сов­падение теоретических и экспериментальных результатов (незначимое их расхождение), а для второй группы расхождение результатов может оказаться значимым. Итоги работ обе­их групп полезно обсудить.

**Задание 6**

Рассчитайте период малых колебаний столба воды в водяном манометре. Проверьте свой расчет экспериментально. Сделайте вы­вод.

**Оборудование**: водяной мано­метр, измерительная линейка, часы с секунд­ной стрелкой или секундомер, нить.

**Указания**.

**1**. Дунув в одно из колен манометра, возбудите колебания столба воды в нем.

**2**. Рассчитайте вначале теоретически пе­риод Ттэтих колебаний. Для этого сделайте рисунок (рис. 9) и проанализируйте его: при изменении положения столба воды на вели­чину хразность уровней составит h=2х. За счет столба жидкости высотой 2х возникает до­полнительная сила F,модуль которой равен F = 2 ρ Sxg*,*

где ρ *-* плотность жидкости, *S-*площадь поперечного сечения канала манометра, *g -* ускорение свободного падения.

рис. 9

В проекции на вертикальную, направленную вниз ось ОХ это уравнение будет иметь вид: F = -2ρSxg

Обозначив постоянную величину 2ρSxg через *k,* получим *F = -kx*, т. е. вода в мано­метре находится под воздействием силы, обеспечивающей гармонические колебания.

Период этих колебаний Тт = 2π√m/k, где m - масса колеблющейся воды.

Учтя, что m= ρSℓ*,* где ℓ*-* длина всего водяного столба в манометре, которую можно измерить с помощью нити и линейки, получим: Тт=2π√ ρSℓ /2ρSg =2π√ ℓ/2g

**3**. Измерьте период колебаний столба во­ды в манометре. Для этого, возбудив колебания, определите время, в течение которого совершается *N* колебаний водяного столба, а затем рассчитайте Т’ по формуле Т= t/N

**4**. Сравните значения периодов Тт и Тэ, полученные теоретически и эксперименталь­но, и сделайте вывод о значимости расхожде­ний и их причинах.

**Задание 7**

Чашка пружинных весов массой **m1** совершает вертикальные гармонические колебания с амплитудой **A** (рис.). Когда чашка находилась в крайнем нижнем положении, на нее положили груз массой **m2**. В результате колебания прекратились. Определите первоначальный период колебаний чашки.

**Оборудование**: пружина, 2 груза, линейка, штатив, весы с разновесом

**Указания**.

Колебания чашки весов массой **m1** происходят относительно положения равновесия, в котором удлинение пружины **Δxo** определяется условием
 **m1g = kΔxo**,

где **g** − ускорение свободного падения, **k** − жесткость пружины.
В крайнем нижнем положении на чашку весов действует (по закону Гука) со стороны пружины сила упругости  **k(Δxo + A)**, скорость движения чашки весов в этот момент равна нулю. Если в этот момент па чашку положить перегрузок массой **m2**, такой, чтобы сила тяжести чашки с перегрузком была равна силе упругости, то, очевидно, колебания прекратятся. Таким образом, **(m1 + m2)g = k(Δxo + A)**.

Приведенные равенства позволяют найти жесткость пружины: **k = m2g/A**,
откуда для первоначального периода **T** колебаний чашки весов получаем
 **T = 2π√{m1/k} = 2π√{(m1A)/(m2g)}**.

Примечание: При решении этой задачи часто допускается ошибка: забыв, что колебания совершаются относительно статического положения равновесия, жесткость пружины находят из условия **(m1 + m2)g = kA**.