Лабораторная работа № 3

<u>Динамическое определение массы с помощью инерционных весов</u>

Цель работы: определение массы тела динамическим методом.

Краткая теория

Понятие о массе было введено Ньютоном при установлении им закона всемирного тяготения и законов динамики.

В законе тяготения масса тел рассматривается как источник и объект тяготения (тяготеющая масса), а в законах динамики – как мера инертности тел (инертная масса).

Рассмотрим два метода определения массы: статический и динамический.

При статическом методе масса тела может быть определена путем взвешивания, сравнением с эталоном массы в поле силы тяжести. Про тела, уравновешивающие друг друга на равно плечных весах, говорят, что они имеют равные веса, а так как вес пропорционален массе, то, следовательно, и одинаковые массы (тяготеющие).

Массу тела можно определить и из динамического действия силы, зная величину силы и ускорение, приобретаемое при этом телом. По второму закону Ньютона

$$m = \frac{F}{a}, \qquad (1)$$

откуда следует, что при действии одной и той же силы на тела различной массы ускорение будет различным. Чем больше сопротивление тела изменению состояния, то есть, чем больше масса, тем меньше ускорение, приобретаемое телом.

Для определения массы динамическим методом служат инерционные весы. Инерционные весы (Рис. 1) состоят из массивного основания и платформы, закрепленной на двух плоских пружинах.

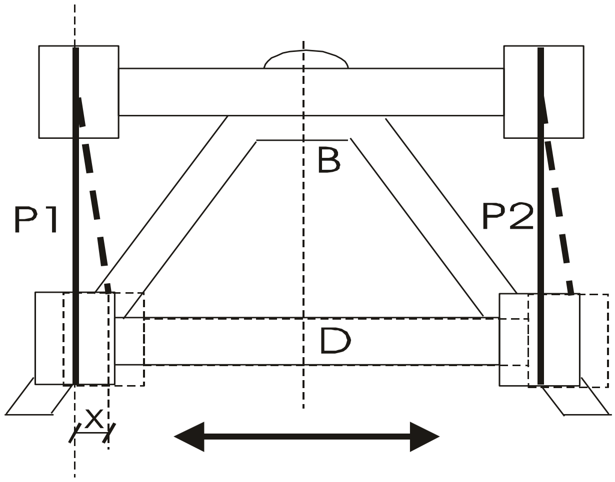

Рис. 1. Инерционные весы (вид сверху)

Платформа может перемещаться в горизонтальной плоскости всегда стремясь занять среднее положение (равновесия) за счет жесткости плоских пружин. Роль возвращающей силы F играет реакция упруго деформированных пружин подвеса платформы.

При изменении массы платформы жесткость пружин не изменяется, следовательно не изменяется величина возвращающей силы упругости F.

По закону Гука эта сила для упругих полос выражается уравнением:

$$F = -kx, \tag{2}$$

где x - величина смещения платформы от положения равновесия;

k - коэффициент упругости пружины, выражающий величину силы, которая вызывает смещение, равное единице.

Запишем уравнение гармонического колебательного движения для смещения в виде:

$$x = A\sin\omega \cdot t \quad . \tag{3}$$

где A - амплитуда колебаний;

ω - циклическая частота колебаний.

Скорость V и ускорение a при колебательном движении определяется по формулами:

$$V = \frac{dx}{dt} = A\omega\cos\omega \cdot t, \tag{4}$$

$$a = \frac{dV}{dt} = -A\omega^2 \sin\omega \cdot t. \tag{5}$$

Учитывая, что $\omega = \frac{2\pi}{T}$. где T - период колебаний, т.е. время одного полного колебания, получим:

$$a = -\omega^2 x = -\frac{4\pi^2}{T^2}x. \qquad (6)$$

Знак минус означает, что ускорение a и упругая сила F в колебательном движении всегда направлены противоположно смещению x. Подставив F и a в выражение для второго закона Ньютона (1), получим:

$$m = \frac{kT^2}{4\pi^2}. \qquad (7)$$

Зная период колебаний T и коэффициент упругости k, который для данных пластин есть величина постоянная, можно определить массу платформы с находящимся на ней грузом.

Если массу m рассматривать как сумму масс платформы m_0 и груза m_x, то можно написать:

$$m_x = \frac{kT^2}{4\pi^2} - m_0. \qquad (8)$$

В нашем случае величины k и m_0 не известны, поэтому определение массы данного нам груза проведем с помощью инерционных весов и тарировочного графика построенного опытным путем (Рис. 2).

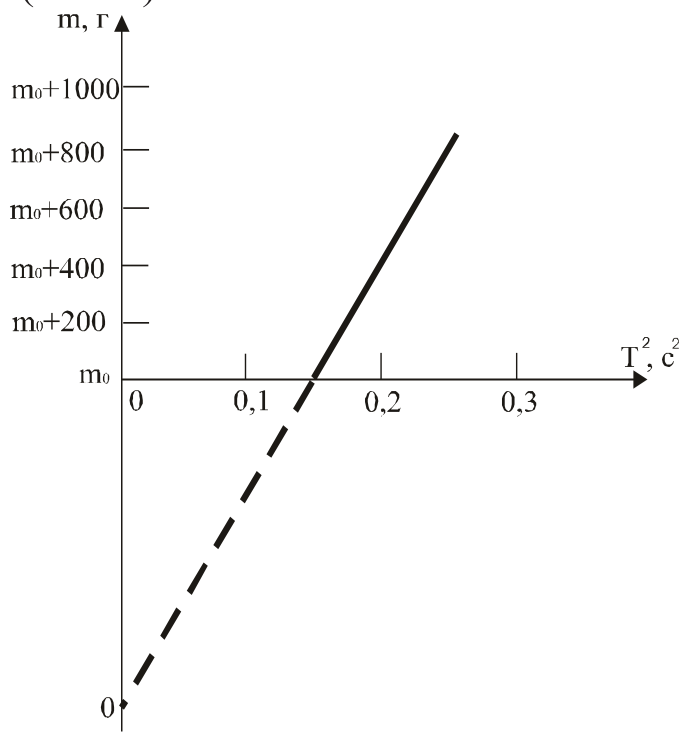

Рис. 2. График зависимости между квадратом периода колебаний и массой платформы

Выполнение работы

Приборы и материалы: инерционные весы, пластина неизвестной массы, секундомер, набор грузов.

Порядок выполнения работы

Приводят в движение платформу весов с таким расчетом, чтобы амплитуда колебаний не превышала 1 см.

Отсчитывают 50 колебаний. С последним отсчетом останавливают секундомер. Опыт повторяют три раза, результаты записывают в таблицу 1. Находят среднее время 50 колебаний ($\bar{t}$) и период колебаний:

$$T = \frac{\bar{t}}{n}, \qquad (9)$$

где n - число колебаний.

Нагружая платформу последовательно грузами 200, 400, 600, 800, 1000 г, тем же способом определяют соответственно периоды колебаний платформы.

Убрав тарировочные грузы, нагружают платформу грузом неизвестной массы и снова определяют период колебаний.

Во всех случаях, наблюдения проводят не менее трех раз, из которых находят среднее время 50 колебаний и значение периода колебаний для каждого груза на платформе.

По данным таблицы вычерчивают тарировочный график, откладывая по оси ординат значения массы платформы с грузами m, а по оси абсцисс соответственно значения квадрата периода колебаний платформы с грузами (Рис. 2).

Массу неизвестного груза m_x определяют по графику, используя найденное значение квадрата периода его колебаний вместе с платформой.

Таблица 1

Результаты измерений

Масса платформы с грузами m, г	Время 50 колебаний t, с			$\bar{t}$. с	T, с	T^2, с^2
	1	2	3			
пустая (без грузов) + 200 + 400 + 600 + 800 + 1000 + m_x						

По графику можно определить и массу платформы m_0. Для этого прямую, выражающую график, проводят до пересечения с осью ординат, что дает начало отсчета по оси масс.

Измеряя отрезок от 0 до m_0 в масштабе, выбранном для массы, находят массу платформы.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение массы и веса тела.
2. Есть ли разница между тяготеющей и инертной массой?
3. Сформулируйте второй закон Ньютона и закон Гука, поясните физический смысл коэффициента упругости.
4. Под действием какой силы получается колебательное движение платформы?
5. Чем характеризуется простое гармоническое колебание?
6. Указать, в каких точках пути при колебании платформы ускорение и скорость наибольшие по величине.
7. Что называют периодом колебания и как он определяется в данной работе?
8. Запишите формулы для нахождения периодов математического, физического и пружинного маятников.
9. Как определяется масса тела с помощью инерционных весов?