

Вывод: Для получения корректных результатов необходимо уметь правильно определять погрешности и чертить графики. Для того, чтобы проверить корректен ли результат можно найти его двумя способами, и если разница по модулю от этих результатов меньше суммы их погрешностей, то результат корректен.

И.А.З

Лабораторная работа 1.05

Определение момента инерции маятника Обербека

Вращение твёрдого тела постоянной массы вокруг неподвижной оси описывается основным уравнением динамики вращательного движения. При заданном значении момента инерции тела J относительно оси вращения это уравнение записывается в виде $M = J\beta$, где M - суммарный момент внешних сил, приложенных к телу относительно оси вращения, β - угловое ускорение вращения тела.

Момент инерции твёрдого тела относительно некоторой оси можно определить по формуле $J = \int r^2 dm$, где $dm = \rho \cdot dV$ - масса элементарного объёма dV , ρ - плотность тела, r -

-расстояние от элементарной массы тела до оси вращения.

При движении груза m сила натяжения нити создаёт вращающий момент, который равен $M_{\tau} = TR$, где R -

радиус шкива, T - сила натяжения нити. Величину T

можно определить из второго закона Ньютона:

$$ma = mg - T, \text{ где } a - \text{ускорение груза, } g - \text{ускорение}$$

свободного падения. Из этого уравнения выразим силу

$$\text{натяжения нити: } T = m(g - a).$$

При невысоких скоростях вращения суммарный момент

сил трения можно считать постоянным, а плечом

приложения этих сил считать радиус оси вращения

$$r, \text{ т.е. } M_{\text{тр}} = r \cdot F_{\text{тр}}$$

Таким образом, суммарный момент сил, приложенных к маятнику относительно оси вращения равен:

$$M = M_{\tau} - M_{\text{тр}}$$

Угловое ускорение шкива маятника β и его тангенциальное

ускорение a_{τ} связаны известным соотношением $a_{\tau} = \beta \cdot R$

Ускорение груза a можно выразить через расстояние h ,

которое груз проходит за время t , а именно $a = \frac{2h}{t^2}$.

В силу того, что $a_t = a$, для углового ускорения получим

$$\beta = \frac{a}{R} = \frac{2h}{Rt^2}$$

Последовательно используем в качестве грузов гири с массами m_1 и m_2 и измеряя время прохождения или фиксированного расстояния h , получим систему из двух уравнений с двумя неизвестными J и $M_{тр}$ — моментом инерции и моментом сил трения:

$$J \cdot \frac{2h}{Rt_1^2} = m_1 \cdot \left(g - \frac{2h}{t_1^2} \right) \cdot R - M_{тр}$$

$$J \cdot \frac{2h}{Rt_2^2} = m_2 \cdot \left(g - \frac{2h}{t_2^2} \right) \cdot R - M_{тр}$$

Исключая из этой системы $M_{тр}$, получим расчётную

формулу для момента инерции:

$$J = \frac{R^2}{t_1^2 - t_2^2} \left[\frac{(m_2 - m_1) \cdot g t_1^2 t_2^2}{2h} + (m_1 t_2^2 - m_2 t_1^2) \right]$$

В проводимом эксперименте грузики движутся с ускорениями, которые много меньше ускорения свободного падения. Поэтому второе слагаемое в квадратных скобках оказывается много меньше первого:

$$|m_1 t_2^2 - m_2 t_1^2| \ll \frac{(m_2 - m_1) g t_1^2 t_2^2}{2h}$$

и им можно пренебречь. Окончательно получаем следующую расчётную формулу для момента инерции маятника Обербека

$$J = \frac{R^2}{t_1^2 - t_2^2} \left[\frac{(m_2 - m_1) \cdot g t_1^2 t_2^2}{2h} \right]$$

Схема



m_1

m_2

m_0

t_{1cp}

t_{2cp}

$J =$

$$J = \frac{R^2 (m_2 - m_1) g t_1 t_2}{(t_1^2 - t_2^2) \cdot 2h}$$

Схема маятника:

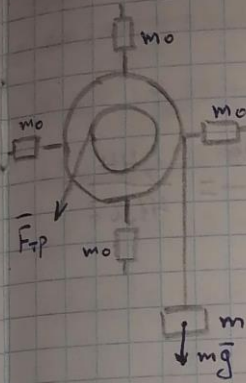


Таблица измерений

$d = 10 \text{ мм}$
 $D = 34 \text{ мм}$
 $h = 60 \text{ см}$
 $m = 116 \text{ г}$
 $m_1 = 164 \text{ г}$

$m, \text{г}$	$t, \text{с}$					Среднее значение $t_{\text{ср}}, \text{с}$	Случайная погрешность $\Delta t_{\text{сл}}, \text{с}$	Погрешность прибора $\Delta t_{\text{пр}}, \text{с}$	Абсолютная погрешность $\Delta t, \text{с}$
	1	2	3	4	5				
m_1	11,50	11,10	10,83	10,62	11,03	11,02	0,18	0,1	0,21
m_2	9,05	9,13	9,50	9,43	9,53	9,33	0,12	0,1	0,16

$$t_{1\text{ср}} = \frac{11,50 + 11,10 + 10,83 + 10,62 + 11,03}{5} = \frac{55,08}{5} = 11,02$$

$$t_{2\text{ср}} = \frac{9,05 + 9,13 + 9,50 + 9,43 + 9,53}{5} = \frac{46,64}{5} = 9,33$$

$$J = \frac{R^2 (m_2 - m_1) \cdot g \cdot t_1 \cdot t_2}{(t_1^2 - t_2^2) \cdot 2h}$$

Момент инерции маятника Обербека
 Диаметр $= 34 \text{ мм}$, тогда $R = \frac{34}{2} = 17 \text{ мм}$.

Handwritten signature and date:
 11.10.20

переведём все значения в секунды, килограммы, метры и подставим их в формулу:

$$\frac{(0,017)^2 \cdot (0,164 - 0,116) \cdot 9,81 \cdot (11,02)^2 \cdot (9,33)^2}{((11,02)^2 - (9,33)^2) \cdot 2 \cdot 0,60} =$$

$$= \frac{0,000289 \cdot 0,048 \cdot 9,81 \cdot 121,4404 \cdot 87,0489}{(121,4404 - 87,0489) \cdot 2 \cdot 0,60} = \frac{1,44}{41,27} =$$

$$= 0,03489 \approx 0,034892 \cdot \text{м}^2$$

$$\Delta t = \sqrt{\Delta t_{\text{сн}}^2 + \Delta t_{\text{пр}}^2} \quad \Delta t_{\text{пр}} = 0,1 \text{ с.}$$

$$\Delta t_{\text{сн}} = \alpha_{n,p} \cdot \Delta t_{\text{кв}}, \quad n=5, \quad p=0,7, \quad \alpha_{n,p}=1,19$$

$$\Delta t_{\text{кв}} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (\Delta t_i)^2}}{\sqrt{n \cdot (n-1)}}$$

$$\Delta t_i = |t_{\text{ср}} - t_i|, \text{ тогда:}$$

$$\textcircled{m1} \quad \Delta t_1 = |11,02 - 11,50| = 0,48 \text{ с.} \quad (\Delta t_1)^2 = 0,2304 \text{ с.}$$

$$\Delta t_2 = |11,02 - 11,10| = 0,08 \text{ с.} \quad (\Delta t_2)^2 = 0,0064 \text{ с.}$$

$$\Delta t_3 = |11,02 - 10,83| = 0,19 \text{ с.} \quad (\Delta t_3)^2 = 0,0361 \text{ с.}$$

$$\Delta t_4 = |11,02 - 10,62| = 0,40 \text{ с.} \quad (\Delta t_4)^2 = 0,16 \text{ с.}$$

$$\Delta t_5 = |11,02 - 11,03| = 0,01 \text{ с.} \quad (\Delta t_5)^2 = 0,0001 \text{ с.}$$

$$\Delta t_{\text{кв}} = \sqrt{\frac{0,2304 + 0,0064 + 0,0361 + 0,16 + 0,0001}{20}} = \sqrt{\frac{0,433}{20}} = \sqrt{0,02165} = 0,15 \text{ с.}$$

$$\Delta t_{ca} = 1,19 \cdot 0,15 = 0,18 \text{ c.}$$

$$\Delta t = \sqrt{(0,18)^2 + (0,1)^2} = \sqrt{0,0324 + 0,01} = 0,21 \text{ c.}$$

(m2)

$$\Delta t_1 = |9,33 - 9,05| = 0,28 \text{ c.} \quad (\Delta t_1)^2 = 0,0784 \text{ c.}$$

$$\Delta t_2 = |9,33 - 9,13| = 0,20 \text{ c.} \quad (\Delta t_2)^2 = 0,04 \text{ c.}$$

$$\Delta t_3 = |9,33 - 9,50| = 0,17 \text{ c.} \quad (\Delta t_3)^2 = 0,0289 \text{ c.}$$

$$\Delta t_4 = |9,33 - 9,43| = 0,10 \text{ c.} \quad (\Delta t_4)^2 = 0,01 \text{ c.}$$

$$\Delta t_5 = |9,33 - 9,53| = 0,20 \text{ c.} \quad (\Delta t_5)^2 = 0,04 \text{ c.}$$

$$\Delta t_{KB} = \sqrt{\frac{0,0784 + 0,04 + 0,0289 + 0,01 + 0,04}{20}} = \sqrt{\frac{0,1973}{20}} = \sqrt{0,01} = 0,10 \text{ c.}$$

$$\Delta t_{ca} = 1,19 \cdot 0,1 = 0,12 \text{ c.}$$

$$\Delta t = \sqrt{0,0144 + 0,01} = \sqrt{0,0244} = 0,16 \text{ c.}$$

$$\Delta J = J \cdot E$$

$$E = \frac{\Delta g}{g} + \frac{\Delta h}{h} + 2 \cdot \frac{\Delta R}{R} + 2 \cdot \frac{\Delta m}{m_2 - m_1} + 2 \cdot \frac{\Delta t}{t_1} + 2 \cdot \frac{\Delta t}{t_2} + 2 \cdot \frac{\Delta t}{t_1 - t_2}$$

$$E = \frac{0,05}{9,81} + \frac{0,05}{0,6} + 2 \cdot \frac{0,0005}{0,017} + 2 \cdot \frac{0,0005}{0,048} + 2 \cdot \frac{0,21}{11,02} + 2 \cdot \frac{0,16}{9,33} + 2 \cdot \frac{0,005}{0,69} =$$

$$= 0,25$$

$$\Delta J = J \cdot E = 0,0348 \cdot 0,25 = 0,0075 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \approx 0,008 = 0,01$$

$$\text{Ответ } J = (0,0348 \pm 0,0075) \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

5c.

Вывод: Для того, чтобы найти момент инерции маятника Обербека необходимо подставить значения в формулу, необходимо учитывать как случайные погрешности, так и погрешности приборов.

А.И.И.

Лабораторная работа 1.18

Проверка закона Бойля-Мариотта

Теоретическое введение

Состояние некоторой массы m идеального газа определяется тремя термодинамическими параметрами: давлением P , объёмом V и температурой T . Между этими параметрами существует определённая связь, называемая уравнением состояния

$$\frac{PV}{T} = \text{const}$$

Многие газы при комнатной температуре и нормальном давлении можно считать идеальными. Согласно модели идеального газа:

1) Собственный объём молекул газа пренебрежимо мал

по сравнению
молекулы

2) Потенциальная энергия
меньше

3) Столкновения
сосудов

Уравнение

газа, P

Клапейрон

$PV =$

одного

молекул

содержит

атомов

установлено

содержит

постоянную

Универсальная

Газовая