



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«МИРЭА - Российский технологический университет»

РТУ МИРЭА

Филиал РТУ МИРЭА в г. Фрязино
Кафедра общенаучных дисциплин

ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 6
«Определение момента инерции твердого тела»
по дисциплине
«Физика»

Выполнил студент группы Ф???-??-??
(учебная группа)

Аноним А.А.

Принял

Кандидат физико-математических наук

Белихов А.Б.

Лабораторные работы выполнены «??» ?? 20??г.

(подпись студента)

«Зачтено»
«??» ?? 20??г.

(подпись руководителя)

Фрязино 20??

Цель: научиться определять момент инерции твердого тела

Оборудование: маховик со шкивом, кронциркуль, грузы с нитью, секундомер, линейка с погрешностью 0.5мм

Ход работы:

Опыт №1

$m=495г$ $h=57,7см$ $D=3,5см$ $N_1=5об$
 $\Delta m=0,5г$ $\Delta h=0,05см$ $\Delta D=0,05см$

Опыт 1						
№	t, сек	Δt	$(\Delta t)^2$	N_2	ΔN_2	$(\Delta N_2)^2$
1	15,42	0,14	0,0196	8,2	0,16	0,0256
2	15,10	0,18	0,0324	7,75	0,29	0,0841
3	15,34	0,06	0,0036	8,25	0,21	0,0441
4	15,08	0,2	0,04	8,1	0,06	0,0036
5	15,43	0,15	0,0225	7,9	0,14	0,0196
	$t_{cp}=15,28$			$N_{2cp}=8,04$		

Вычисляем среднее значение момента инерции J по формуле (1):

$$J = \frac{m D^2 g t^2 N_2}{8 h (N_1 + N_2)}$$

$$J = \frac{0,295 * 0,035^2 * 9,81 * 15,28^2 * 8,04}{8 * 0,577 (5 + 8,04)} \approx 0,19 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Находим абсолютную погрешность измерения момента инерции ΔJ . Для этой цели вычисляем относительную погрешность:

$$E = \frac{\Delta J}{J}$$

$$E = \frac{\Delta m}{m} + \frac{2\Delta D}{D} + \frac{\Delta g}{g} + \frac{2\Delta t}{t_{cp}} + \frac{\Delta h}{h} + \frac{\Delta N_2}{N_2} + \frac{\Delta N_1 + \Delta N_2}{N_1 + N_2} \quad (2)$$

Погрешностью $\frac{\Delta g}{g}$ можно пренебречь, так как она мала по сравнению с

остальными погрешностями. Погрешность ΔN_1 очень невелика, можно считать $\Delta N_1=0$. Тогда последние два члена выражения (2) можно переписать так:

$$\frac{\Delta N_2}{N_2} + \frac{\Delta N_2}{N_1+N_2} \quad (3)$$

Необходимо обратить внимание на то, что N_2 входит в выражение (1) как в числитель, так и в знаменатель. Знак погрешности ΔN_2 нам неизвестен; но он будет один и тот же как в числителе, так и в знаменателе.

Допустим, что ΔN_2 имеет знак плюс; тогда величина, вычисленная по формуле (1), из-за присутствия ΔN_2 в числителе будет получена увеличенной по сравнению с истинным её значением. Но наличие ΔN_2 в знаменателе с тем же знаком уменьшает значение J . Следовательно, эти погрешности отчасти компенсируются. Математически мы можем учесть это, беря второй член выражения (3) со знаком минус, т.е. надо рассмотреть:

$$\frac{\Delta N_2}{N_2} - \frac{\Delta N_2}{N_1+N_2} \quad (4)$$

Так как обычно N_1 мало по сравнению с N_2 , то

$$N_1+N_2 \approx N_2$$

Тогда выражение (4) можно считать равным нулю:

$$\frac{\Delta N_2}{N_2} - \frac{\Delta N_2}{N_1+N_2} = 0$$

Учтя все эти замечания, для относительной погрешности E будем иметь более простое выражение:

$$E = \frac{\Delta m}{m} + \frac{2\Delta D}{D} + \frac{2\Delta t}{t_{cp}} + \frac{\Delta h}{h}$$

$$E = \frac{0,5}{495} + \frac{2*0,5}{3,5} + \frac{2*0,152}{15,28} + \frac{0,05}{57,7} \approx 0,05$$

Вычислив относительную погрешность, находим:

$$\Delta J = EJ$$

$$\Delta J = 0,05 * 0,19 = 0,0095$$

Конечный результат:

$$J = 0,19 \pm 0,0095 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 = 0,19 \pm 0,001 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Опыт №2

$$m = 723,6 \text{ г} \quad h = 37,2 \text{ см} \quad D = 3,5 \text{ см} \quad N_1 = 5 \text{ об}$$

$$\Delta m = 0,5 \text{ г} \quad \Delta h = 0,05 \text{ см} \quad \Delta D = 0,05 \text{ см}$$

Опыт 2						
№	t, сек	Δt	$(\Delta t)^2$	N_2	ΔN_2	$(\Delta N_2)^2$
1	11,4	0,40	0,16	13,25	0,36	0,1296
2	12	0,20	0,04	12,75	0,14	0,0196
3	11,72	0,08	0,0064	12,65	0,24	0,0576
4	12,15	0,35	0,1225	13	0,11	0,0121
5	11,75	0,05	0,0025	12,9	0,01	0,0001
	$t_{cp} = 11,80$			$N_{2, cp} = 12,89$		

Вычисляем среднее значение момента инерции J по формуле (1):

$$J = \frac{m D^2 g t^2 N_2}{8 h (N_1 + N_2)}$$

$$J = \frac{0,7236 * 0,035^2 * 9,81 * 11,8^2 * 12,89}{8 * 0,372 * (5 + 12,89)} \approx 0,19 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Находим абсолютную погрешность измерения момента инерции ΔJ . Для этой цели вычисляем относительную погрешность:

$$E = \frac{\Delta J}{J}$$

$$E = \frac{\Delta m}{m} + \frac{2 \Delta D}{D} + \frac{\Delta g}{g} + \frac{2 \Delta t}{t_{cp}} + \frac{\Delta h}{h} + \frac{\Delta N_2}{N_2} + \frac{\Delta N_1 + \Delta N_2}{N_1 + N_2} \quad (2)$$

Погрешностью $\frac{\Delta g}{g}$ можно пренебречь, так как она мала по сравнению с остальными погрешностями. Погрешность ΔN_1 очень невелика, можно считать $\Delta N_1 = 0$. Тогда последние два члена выражения (2) можно переписать так:

$$\frac{\Delta N_2}{N_2} + \frac{\Delta N_2}{N_1 + N_2} \quad (3)$$

Необходимо обратить внимание на то, что N_2 входит в выражение (1) как в числитель, так и в знаменатель. Знак погрешности ΔN_2 нам неизвестен; но он будет один и тот же как в числителе, так и в знаменателе.

Допустим, что ΔN_2 имеет знак плюс; тогда величина, вычисленная по формуле (1), из-за присутствия ΔN_2 в числителе будет получена увеличенной по сравнению с истинным её значением. Но наличие ΔN_2 в знаменателе с тем же знаком уменьшает значение J . Следовательно, эти погрешности отчасти компенсируются. Математически мы можем учесть это, беря второй член выражения (3) со знаком минус, т.е. надо рассмотреть:

$$\frac{\Delta N_2}{N_2} - \frac{\Delta N_2}{N_1 + N_2} \quad (4)$$

Так как обычно N_1 мало по сравнению с N_2 , то

$$N_1 + N_2 \approx N_2$$

Тогда выражение (4) можно считать равным нулю:

$$\frac{\Delta N_2}{N_2} - \frac{\Delta N_2}{N_1 + N_2} = 0$$

Учтя все эти замечания, для относительной погрешности E будем иметь более простое выражение:

$$E = \frac{\Delta m}{m} + \frac{2\Delta D}{D} + \frac{2\Delta t}{t_{cp}} + \frac{\Delta h}{h}$$

$$E = \frac{0,05}{723,6} + \frac{2*0,05}{3,5} + \frac{2*0,21}{11,8} + \frac{0,05}{37,2} \approx 0,0046$$

Вычислив относительную погрешность, находим:

$$\Delta J = EJ$$

$$\Delta J = 0,0046 * 0,19 \approx 0,00095$$

Конечный результат:

$$J = 0,19 \pm 0,00095 \text{ кг} * \text{м}^2 = 0,19 \pm 0,01 \text{ кг} * \text{м}^2$$

Вывод: так как два опыта с разными грузами и высотой практически равны, можно считать, что определение момента инерции твердого тела прошло успешно

Задача из задачника Иродова
Задача 1.238

Условие:

Диаметр диска $d=20$ см, масса $m=800$ г. Определить момент инерции J диска относительно оси, проходящей через середину одного из радиусов перпендикулярно плоскости диска.

Дано:

$$d = 0,2\text{м}$$

$$m = 0,8\text{кг}$$

$J - ?$

Решение:

$$J = J_0 + m\left(\frac{R}{2}\right)^2, \quad J_0 = \frac{1}{2}mR^2$$

$$J = \frac{1}{2}mR^2 + \frac{mR^2}{4} = \frac{3}{4}mR^2 = \frac{3}{16}md^2 = 6 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Ответ: $6 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$