

## Лабораторная работа № 4

Руководство к лабораторным работам, с. 34-41.

### Определение момента инерции маятника Обербека

**1. Цель работы:** Найти момент инерции маятника Обербека.

**2. Приборы и принадлежности:** маятник Обербека, набор грузов, линейка, электронный секундомер.

Название	Предел измерения	Класс точности	Цена деления	Табличные данные
				Масса груза подставки: $m_{подст} = (44,0 \pm 1,5) \text{ г}$
				Масса подгрузка: $m_{подг} = (17,5 \pm 1,5) \text{ г}$
				Диаметр малого шкива: $d = (25,0 \pm 0,1) \text{ мм}$
				$h = (45,0 \pm 0,5) \text{ см}$
				$g = (9,80 \pm 0,05) \text{ м/с}^2$

**3. Выполнить измерение величин:**  $h$  – расстояние, проходимое грузом (м),  $t$  – время прохождения расстояния (с).

**4. Вычислить величины:**  $\varepsilon$  – угловое ускорение ;  $M$  – момент силы;  $I$  – момент инерции маятника.

**5. Расчётные формулы:**

$$\langle \varepsilon \rangle = \frac{4 \langle h \rangle}{\langle d \rangle \cdot \langle t \rangle^2}; \quad (1) \qquad \langle M \rangle = \frac{\langle m \rangle \cdot \langle d \rangle}{2} \cdot \left( \langle g \rangle - \frac{2 \langle h \rangle}{\langle t \rangle^2} \right); \quad (2)$$

$$\langle I \rangle = \frac{\langle M \rangle}{\langle \varepsilon \rangle}. \quad (3)$$

масса груза  $m = m_{подст} + \text{число} \cdot m_{подг}$ ,

где *число* подгрузков один или два

**6. Результаты измерений (Экспериментальное определение момента инерции)**

$m, 10^{-3} \text{ кг}$	$h, \text{ м}$	$t, \text{ с}$	$\langle t \rangle, \text{ с}$	$\langle \varepsilon \rangle, \text{ рад/с}^2$	$\langle M \rangle, \text{ Н}\cdot\text{м}$	$\langle I \rangle, \text{ кг}\cdot\text{м}^2$
Цилиндры на концах стержней						
	0,45					
Цилиндры у оси вращения						
	0,45					

**Примечание:** жёлтым цветом выделены ячейки таблицы с исходными данными, которые берутся из таблицы вариантов в конце этого файла.

**7. Вычисления:** По формулам (1)-(3) вычисляем значения  $\langle \varepsilon \rangle$ ,  $\langle M \rangle$ ,  $\langle I \rangle$ , предварительно рассчитав среднее значение времени  $\langle t \rangle$  (см. п. 8.1).

При расчёте по формулам 1-3 подставляем  $h$  (в метрах),  $d$  (в метрах),  $m$  (кг) !!!

**Погрешности считать только для случая: цилиндры на концах стержней!!!**

**8. Расчёт погрешностей при прямых измерениях:**

**8.1. Среднее значение времени:**

Цилиндры на концах стержней

$$\langle t \rangle = \frac{t_1 + t_2 + t_3}{3} =$$

Цилиндры у оси вращения

$$\langle t \rangle = \frac{t_1 + t_2 + t_3}{3} =$$

**8.2. Среднеквадратичная погрешность:**

$$S_t = \sqrt{\frac{(t_1 - \langle t \rangle)^2 + (t_2 - \langle t \rangle)^2 + (t_3 - \langle t \rangle)^2}{3 \cdot (3 - 1)}} =$$

**8.3. Случайная и приборная погрешности:**

$$\Delta t_{сл} = t_{0,9;3} \cdot S_t =$$

$$\Delta t_{пр} = \frac{\gamma}{2} = \frac{0,01}{2} = 0,005 \text{ с}$$

$t_{0,9;3} = 2,9$  – коэффициент Стьюдента

#### 8.4. Абсолютная и относительная погрешности времени:

$$\Delta t = \sqrt{\Delta t_{np}^2 + \Delta t_{сл}^2} =$$

$$\varepsilon_t = \frac{\Delta t}{\langle t \rangle} =$$

#### 8.5. Ответ в стандартной форме для времени:

$$t = (\langle t \rangle \pm \Delta t) \text{ с}$$

$$\varepsilon_t = \dots \% \text{ (умножаем на 100\%)}$$

$$\alpha = 0,9$$

#### 8.6. Относительная и абсолютная погрешности косвенных измерений:

$$8.6.1. \varepsilon_M = \sqrt{\left(\frac{\Delta m}{\langle m \rangle}\right)^2 + \left(\frac{\Delta d}{\langle d \rangle}\right)^2 + \left(\frac{\Delta g}{\langle g \rangle}\right)^2} =$$

$$\Delta M = \varepsilon_M \cdot \langle M \rangle =$$

$$8.6.2. \varepsilon_\varepsilon = \sqrt{\left(\frac{\Delta h}{\langle h \rangle}\right)^2 + \left(\frac{\Delta d}{\langle d \rangle}\right)^2 + \left(\frac{2\Delta t}{\langle t \rangle}\right)^2} =$$

$$\Delta \varepsilon = \varepsilon_\varepsilon \cdot \langle \varepsilon \rangle =$$

$$8.6.3. \varepsilon_I = \sqrt{\left(\frac{\Delta M}{\langle M \rangle}\right)^2 + \left(\frac{\Delta \varepsilon}{\langle \varepsilon \rangle}\right)^2} =$$

$$\Delta I = \varepsilon_I \cdot \langle I \rangle =$$

#### 8.6.4. Ответ в стандартной форме для момента инерции маятника (цилиндры на концах стержней):

Цилиндры на концах стержней

$$I = (\langle I \rangle \pm \Delta I) \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

$$\varepsilon_I = \dots \% \text{ (умножаем на 100\%)}$$

$$\alpha = 0,9$$

Цилиндры у оси вращения

$$I = (\langle I \rangle \pm \Delta I) \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

$$\varepsilon_I = \dots \% \text{ (умножаем на 100\%)}$$

$$\alpha = 0,9$$

#### 9. Выводы. (обязательно указать в каком случае момент инерции больше и почему)

#### 10. Ответы на контрольные вопросы

1. Дайте определение угловой скорости и углового ускорения.
2. Что понимают под моментом силы? Как направлен вектор момента силы?
3. Дайте определения момента инерции материальной точки и твёрдого тела. Физический смысл момента инерции. Теорема Штейнера.
4. Что такое момент импульса тела и импульс момента силы?
5. Сформулируйте основной закон динамики вращательного движения твёрдого тела.

**Таблица исходных данных по вариантам для ЛР4**

<b>№ вар-та</b>	<b><i>m</i>, г</b>	<b>Время движения груза (цилиндры на концах стержней), <i>t</i>, с</b>	<b>Время движения груза (цилиндры у оси вращения), <i>t</i>, с</b>
1	44,0	{12,80;12,22; 12,55}	{6,48;6,50; 6,49}
2	61,5	{10,55;10,19; 10,33}	{5,52;5,49; 5,47}
3	79,0	{9,15;9,25; 9,24}	{4,82;4,88; 4,86}
4	44,0	{12,65;12,30; 12,42}	{6,45;6,52; 6,47}
5	61,5	{10,46;10,22; 10,34}	{5,53;5,47; 5,44}
6	79,0	{9,18;9,26; 9,24}	{4,83;4,87; 4,85}
7	44,0	{12,76;12,34; 12,57}	{6,46;6,52; 6,44}
8	61,5	{10,36;10,24; 10,30}	{5,60;5,54; 5,52}
9	79,0	{9,19;9,26; 9,23}	{4,83;4,86; 4,88}
10	44,0	{12,45;12,32; 12,58}	{6,47;6,53; 6,44}
11	61,5	{10,42;10,27; 10,36}	{5,48;5,51; 5,42}
12	79,0	{9,16;9,24; 9,20}	{4,79;4,84; 4,82}
13	44,0	{12,64;12,42; 12,54}	{6,42;6,48; 6,51}
14	61,5	{10,55;10,26; 10,43}	{5,49;5,53; 5,58}
15	79,0	{9,19;9,27; 9,22}	{4,80;4,76; 4,86}
16	44,0	{12,45;12,36; 12,61}	{6,38;6,49; 6,51}
17	61,5	{10,44;10,27; 10,38}	{5,52;5,45; 5,48}
18	79,0	{9,18;9,27; 9,20}	{4,76;4,82; 4,85}
19	44,0	{12,74;12,44; 12,56}	{6,45;6,54; 6,48}
20	61,5	{10,25;10,29; 10,34}	{5,64;5,54; 5,58}
21	79,0	{9,23;9,19; 9,29}	{4,81;4,85; 4,87}
22	44,0	{12,47;12,35; 12,53}	{6,49;6,55; 6,47}
23	61,5	{10,44;10,32; 10,39}	{5,47;5,50; 5,41}
24	79,0	{9,21;9,18; 9,28}	{4,78;4,83; 4,81}
25	44,0	{12,82;12,24; 12,57}	{6,46;6,48; 6,47}
26	61,5	{10,53;10,17; 10,31}	{5,54;5,51; 5,49}
27	79,0	{9,17;9,27; 9,26}	{4,80;4,86; 4,84}
28	44,0	{12,63;12,28; 12,40}	{6,47;6,54; 6,49}
29	61,5	{10,48;10,24; 10,36}	{5,51;5,45; 5,42}
30	79,0	{9,16;9,24; 9,22}	{4,85;4,89; 4,87}

## Литература

1. Трофимова, Т. И. Курс физики [Текст]: учеб. пособие / Т. И. Трофимова. – 21-е изд., стер. – М.: Академия, 2015. – 560 с.

2. Федорук, В. А. Руководство к лабораторным работам по физике. Теория погрешностей. Механика и явления переноса [Текст]: учебно-методическое пособие: [по всем специальностям и направлениям] / В. А. Федорук, А. В. Тюкин, Н. А. Иванов ; ред. В. А. Федорук; СибАДИ, Кафедра "Физика". – Омск: СибАДИ, 2015. – 60 с. + Полный текст на эл. жестк. диске. – Режим доступа: <http://bek.sibadi.org/fulltext/epd1021.pdf>