

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра общей физики

М.С.БУРЛАК, Г.Я.ХАБИБУЛЛИНА

ПРОВЕРКА ЗАКОНА СОХРАНЕНИЯ МОМЕНТА КОЛИЧЕСТВА ДВИЖЕНИЯ (ИМПУЛЬСА)

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 127

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом
государственного образовательного учреждения высшего профессионального
образования «Оренбургский государственный университет»

Оренбург 2008

УДК 531.3(076.5)

ББК 22.213 я7

Б 91

Рецензент

кандидат технических наук, Ф.Г.Узенбаев

Б 91

Бурлак М.С.

Проверка закона сохранения момента количества движения (импульса) [Текст]: методические указания к лабораторной работе. /М.С.Бурлак, Г.Я.Хабибуллина. - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2008. - 17 с.

Методические указания включают теоретическое изложение материала, описание методики проведения опыта и контрольные вопросы для самоподготовки.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторной работы №127 «Проверка закона сохранения момента количества движения (импульса)» по дисциплине «Физика» для студентов всех специальностей.

ББК 22.213 я 7

© Бурлак М.С.,
© Хабибуллина Г.Я., 2008
© ГОУ ОГУ, 2008

Лабораторная работа № 127. Проверка закона сохранения момента количества движения (импульса)

Цель работы:

Проверка закона сохранения момента количества движения (импульса).

Теоретическое введение

Моментом импульса \vec{L}_0 материальной точки A относительно неподвижной точки O называется физическая величина, определяемая векторным произведением радиуса – вектора \vec{r} и импульса \vec{P} :

$$\vec{L}_0 = [\vec{r} \cdot \vec{P}] = [\vec{r} \cdot m\vec{v}],$$

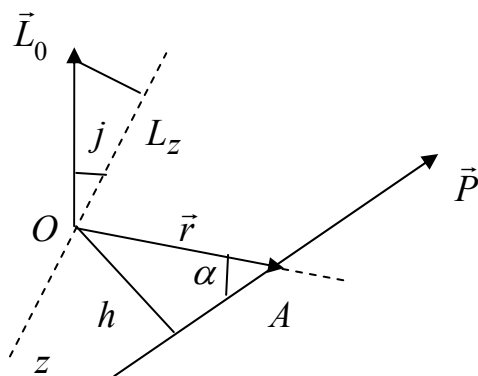


Рисунок 1

где \vec{r} - радиус-вектор, проведённый из точки O в точку A ;

$\vec{P} = m\vec{v}$ - импульс материальной точки;

\vec{L}_0 - псевдовектор момента импульса, его направление совпадает с направлением поступательного движения правого винта при его вращении от \vec{r} к \vec{P} (рисунок 1).

Модуль вектора момента импульса:

$$L_0 = r \cdot P \cdot \sin \alpha = mv \cdot r \cdot \sin \alpha = Ph,$$

где α - угол между векторами \vec{r} и \vec{P} ;

h - плечо вектора \vec{P} относительно точки O .

Моментом импульса материальной точки относительно неподвижной оси z называется скалярная величина L_z , равная проекции на эту ось вектора

момента импульса \vec{L}_0 , определённого относительно произвольной точки O данной оси:

$$L_z = L_0 \cdot \cos j .$$

При вращении абсолютно твёрдого тела вокруг неподвижной оси z каждая отдельная точка тела движется по окружности постоянного радиуса \vec{r}_i с некоторой скоростью \vec{v}_i . Скорость \vec{v}_i и импульс $\vec{P}_i = m\vec{v}_i$ перпендикулярны этому радиусу, т.е. радиус \vec{r}_i является плечом вектора \vec{P}_i . Поэтому можем записать, что момент импульса отдельной частицы

$$L_{iz} = m_i \cdot v_i \cdot r_i \quad (1)$$

и направлен по оси в сторону, определяемую правилом правого винта.

Момент импульса твёрдого тела относительно оси z есть сумма моментов импульса отдельных частиц:

$$L_z = \sum_{i=1}^n m_i \cdot v_i \cdot r_i .$$

Используя формулу $v_i = w \cdot r_i$, получим:

$$L_z = \sum_{i=1}^n m_i \cdot r_i^2 \cdot \omega = w \sum_{i=1}^n m_i \cdot r_i^2 = J_z \cdot \omega \quad (2)$$

Таким образом, момент импульса твёрдого тела относительно оси z равен произведению момента инерции J_z тела относительно той же оси на угловую скорость w .

Продифференцируем уравнение (2) по времени:

$$\frac{dL_z}{dt} = J_z \frac{d\omega}{dt} = J_z \cdot \beta = M_z ,$$

где β - угловое ускорение;

M_z - момент сил относительно оси z .

Выражение $\frac{dL_z}{dt} = M_z$ является одной из форм уравнения динамики

вращательного движения твёрдого тела относительно неподвижной оси: скорость изменения момента импульса твёрдого тела относительно неподвижной оси равна моменту сил относительно той же оси.

Можно показать, что для вращающегося тела имеет место векторное равенство:

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{M} \quad (3)$$

В замкнутой системе суммарный момент внешних сил $M = 0$ и $\frac{d\vec{L}}{dt} = 0$, откуда

$$\vec{L}_z = J_z \vec{\omega} = const \quad (4)$$

Выражение (4) представляет собой закон сохранения момента импульса: момент импульса замкнутой системы не изменяется с течением времени.

Закон сохранения момента импульса – фундаментальный закон природы.

Закон сохранения момента количества движения (импульса) для системы тел является следствием 2-го и 3-го законов Ньютона в инерциальной системе отсчёта. Для системы тел, способной вращаться вокруг некоторой закреплённой оси, он заключается в том, что суммарный момент импульса системы тел относительно этой оси сохраняется неизменным, если суммарный момент всех внешних сил относительно этой же оси равен нулю. Для абсолютного твёрдого тела:

$$\vec{L} = J\vec{\omega} = const, \quad (5)$$

где J - момент инерции системы тел;
 ω - угловая скорость вращения.

В эксперименте используется система тел, у которой в процессе движения может меняться конфигурация и, следовательно, её момент инерции.

Примером такой механической системы служит колонка с горизонтальным стержнем, по которому могут свободно перемещаться два цилиндра (рисунок 2). Эта колонка может вращаться вокруг своей оси. Для осуществления такого вращения на неё наматывается нить, переброшенная через дополнительный блок. На конце нити подвешен груз массы m . В исходном состоянии эта нить намотана на колонку, груз находится в верхнем положении, а цилиндры удерживаются на минимальном расстоянии от оси.

Для определённости выберем систему координат так, как показано на рисунке 2 совместив её начало с положением груза в верхней точке. Всё время движения рассматриваемой механической системы с меняющимся моментом инерции может быть разбито на три стадии. На первой, система, имея наименьший момент инерции, начинает вращаться с ускорением под действием момента силы натяжения нити, на которой подвешен груз m .

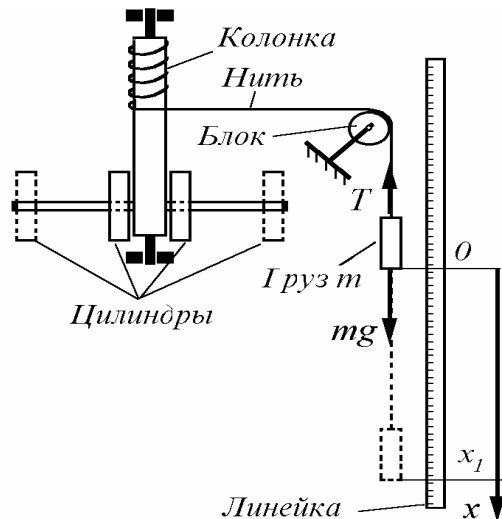


Рисунок 2 - Схематическое представление механической системы с меняющимся моментом инерции

На второй, когда груз полностью опускается (до координаты x_1), цилиндры освобождаются и меняют своё положение (на рисунке 2 новое положение отмечено штриховыми линиями). Момент инерции системы тел в этой стадии быстро увеличивается, и становится наибольшим, а угловая скорость вращения уменьшается. В третьей стадии система, имея наибольший момент инерции, вращается замедленно и останавливается. При этом груз m поднимается до координаты x_2 . Изменение угловой скорости вращения системы со временем может быть изображено примерно так, как показано на рисунке 3.

Возрастающая ветвь от нуля до точки A отвечает первой стадии. Убывающая ветвь, от точки B до точки C , отвечает третьей стадии. За незначительное время τ в интервале (t_A, t_B) , угловая скорость быстро уменьшается. Участок кривой AB соответствует второй стадии, стадии увеличения момента инерции системы. В связи с тем, что время τ мало, момент силы натяжения нити за это время не успевает заметно изменить момент количества движения колонки.

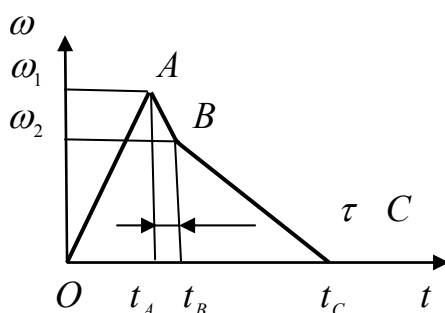


Рисунок 3 – Зависимость угловой скорости колонки от времени

Применяя, к этой стадии закон сохранения момента количества движения получим:

$$J_1 \omega_1 = J_2 \omega_2 \quad (6)$$

или

$$\frac{J_1}{J_2} = \frac{\omega_2}{\omega_1} \quad (7)$$

где J_1 и J_2 - соответственно наименьший и наибольший моменты инерции системы;

ω_1 - наибольшая угловая скорость на первой стадии движения;

ω_2 - наибольшая угловая скорость в третьей стадии движения.

Выразим величины, входящие в уравнения (6) и (7), через другие параметры системы с изменяющимся значением момента инерции. Для определения угловых скоростей вращения колонки ω_1 и ω_2 воспользуемся законом сохранения энергии. При опускании груза (при этом цилиндры находятся около колонки) имеем:

$$\frac{1}{2} J_1 \omega_1^2 + \frac{mv^2}{2} + A_1 + mg(-x_1) = 0 \quad (8)$$

где g - ускорение свободного падения;

x_1 - координата груза в нижней точке;

A_1 - работа сил трения при опускании груза;

$\frac{1}{2} J_1 \omega_1^2$ - кинетическая энергия вращения колонки в момент t_A

(рисунок 3);

$\frac{1}{2} mv_1^2$ - кинетическая энергия поступательного движения груза в

нижней точке;

v_1 - скорость груза в нижней точке.

Из уравнения (8) при условии $mv_1^2 \ll J_1 \omega_1^2$ получаем:

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{2(mgx_1 - A_1)}{J_1}} \quad (9)$$

После полного разматывания нити цилиндры переходят в крайние положения. Момент инерции колонки увеличивается и становится равным J_2 , угловая скорость вращения уменьшается и становится равной ω_2 .

Закон изменения энергии на участке BC (смотри рисунок 3) запишем в виде:

$$mg(-x_2) - \frac{1}{2}J_2\omega_2^2 - mg(-x_1) - A_2 = 0 \quad (10)$$

где A_2 - работа сил трения при подъёме груза.

Из уравнения (10) получим:

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{2mg(x_1 - x_2) - A_2}{J_2}} \quad (11)$$

Определение моментов инерции для двух конфигураций системы может быть осуществлено двумя способами. В первом фиксируют цилиндры в одном из положений и анализируют движение тел системы при опускании груза m . При движении с неизменным наименьшим моментом инерции J_1 (цилиндры расположены вблизи оси колонки) имеем:

- уравнение движения груза m :

$$m \frac{dv}{dt} = mg - T, \quad (12)$$

- уравнение вращательного движения колонки:

$$J_1 \frac{d\omega}{dt} = T \cdot r - M_{TP}, \quad (13)$$

- уравнение кинематической связи:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{d\omega}{dt} \cdot r, \quad (14)$$

где $\frac{dv}{dt}$ - ускорение груза на нити;

T - сила натяжения нити;

$\frac{d\omega}{dt}$ - угловое ускорение системы;

M_{TP} - момент силы трения;

$T \cdot r$ - момент силы натяжения нити;

r - радиус колонки.

Из уравнения (14) получаем:

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{dv}{dt} \cdot \frac{1}{r}.$$

Полученное выражение подставляем в уравнение (13), которое примет вид:

$$J_1 \frac{dv}{dt} = Tr^2 - M_{TP} \cdot r, \quad (13')$$

Уравнение (12) умножаем на r^2 и в результате получаем:

$$mr^2 \frac{dv}{dt} = mgr^2 - Tr^2 \quad (12')$$

Складывая уравнения (13') и (12') получим:

$$J_1 \frac{dv}{dt} = mgr^2.$$

В связи с тем, что движение груза равноускоренное,

$$x_1 = \frac{at_1^2}{2},$$

учитывая что

$$a = \frac{dv}{dt},$$

имеем

$$\frac{dv}{dt} = 2 \frac{x_1}{t_1^2},$$

где t_1 - время опускания груза в том случае, когда момент инерции колонки неизменён и равен J_1 . Из двух уравнений получим:

$$J_1 = \frac{mgr^2 t_1^2}{2x_1}, \quad (15)$$

Аналогично при движении системы с неизменным наибольшим моментом инерции имеем:

$$J_2 = \frac{mgr^2 t_2^2}{2x_2}, \quad (16)$$

где t_2 - время подъёма груза до отметки x_2 .

Экспериментальная установка

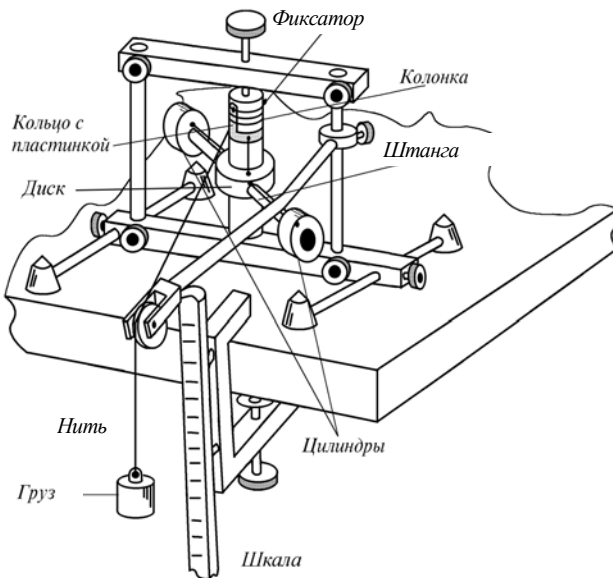


Рисунок 4 - Устройство установки для проверки закона сохранения момента количества движения

Схема установки дана на рисунке 4. Колонка с закреплённой на ней штангой может вращаться в подшипниках вокруг вертикальной оси. По штанге могут скользить два цилиндра одинаковой массы. По колонке может перемещаться кольцо с пластинкой. Если подвесить пластинку в верхнем положении на фиксаторе, то нитями, пропущенными через отверстия в диске, цилиндры удерживают в положении, наиболее близком к оси. Фиксатор изготовлен в виде стерженька, вставленного в отверстие в колонке. На один конец стерженька надевается пластинка, к другому концу прикреплена переброшенная через блок нить с грузом массы m на конце. Нить навивают виток к витку на колонку, охватывая закреплённую на фиксаторе пластинку. Опускаясь, груз приводит колонку во вращение. В момент, когда груз останавливается, он смещает стерженек, кольцо падает на диск и цилиндры освобождаются. Малая сила трения покоя между цилиндрами и штангой не может удерживать цилиндры в одном положении, и они очень быстро (мгновенно) соскальзывают к концам штанги. Это увеличивает момент инерции системы и уменьшает, в соответствии с законом сохранения момента количества движения, её угловую скорость. После этого нить начинает наматываться на колонку, груз поднимается вверх, не доходя, однако, до своего первоначального положения – из-за потерь энергии. Эти потери вызваны превращением механической энергии в тепловую при неупругом ударе

цилиндров об упоры, наличием сил трения при движении системы и др. По шкале измеряются расстояния, проходимые грузом при его опускании и подъёме. На диске имеются не указанные на рисунке специальные крепления. Ими можно закрепить, не пользуясь кольцом с нитями, цилиндры у поверхностей колонки.

Проведение эксперимента

Упражнение 1. Определение моментов инерции J_1 и J_2 , величины работы сил трения при опускании (A_1) и подъёме (A_2) груза.

Моменты инерции J_1 и J_2 определяются по формулам (15) и (16) после экспериментального определения времен опускания груза t_1 и t_2 .

Величины работ A_1 и A_2 определяются экспериментально, исходя из следующих соображений. Пусть груз при неизменном моменте инерции J_1 опускается до отметки x_1 и поднимается до x_3 . Энергия, равная разности потенциальных энергий груза, равна работе сил трения за всё время движения системы. Для величины работы при опускании груза (A_1) и при подъёме (A_3) имеем:

$$A_1 = -\alpha_1 \cdot x_1 \cdot mg, \quad (17)$$

$$A_3 = -\alpha_1 \cdot (x_1 - x_3) \cdot mg, \quad (18)$$

где α_1 - неизвестный коэффициент, характеризующий потерю механической энергии при движении колонки с моментом инерции J_1 .

Значение величины α_1 может быть получено, исходя из закона сохранения энергии:

$$A = A_1 + A_3 = -\alpha_1 \cdot (2x_1 - x_3) \cdot mg = -x_3 \cdot mg.$$

Отсюда получим:

$$\alpha_1 = \frac{x_3}{2x_1 - x_3}, \quad (19)$$

Аналогично при опускании груза с неизменным моментом инерции J_2 до отметки x_1 и подъёме до x_4 имеем:

$$A = -\alpha_2 (2x_1 - x_4) \cdot mg = -x_4 \cdot mg, \quad (20)$$

т.е.

$$\alpha_2 = \frac{x_4}{2x_1 - x_4}, \quad (21)$$

Таким образом, можно считать, что при вращении колонки с моментом инерции J_1 работа сил трения будет пропорциональна пройденному грузом пути и коэффициенту α_1 , а с моментом инерции J_2 - пропорциональна пройденному пути и коэффициенту α_2 . В связи с этим, при подъёме груза от нижней точки (координата x_1) до отметки x_2 работа сил трения A_2 равна:

$$A_2 = -d_2(x_1 - x_2) \cdot mg, \quad (22)$$

Измерения:

1. Произвести измерение x_1 . Величина x_1 , т.е. расстояние, проходимое грузом при полном разматывании нити определяется по шкале, когда груз находится в нижнем положении. Величину x_1 принять равной $(0,850 \pm 0,001)$ м. и занести её в таблицу 1.

Таблица 1

x_1	$x_1 = (0,850 \pm 0,001)м$				
i	1	2	3	4	5
t_1, c					
$\bar{t}_1, c = \dots (c); \quad \sigma_{t_1} = \dots (c); \quad t_1 = \bar{t}_1 \pm \Delta t_1 = \dots (c); \quad \sigma_{np} = 0,01c$					
$x_3, м$					
$x_3, м = \dots (м); \quad \sigma_{x_3} = \dots (м); \quad x_3 = \bar{x}_3 \pm \Delta x_3 = \dots (м); \quad \sigma_{np} = 0,01c$					
t_2, c					
$\bar{t}_2, c = \dots (c); \quad \sigma_{t_2} = \dots (c); \quad t_2 = \bar{t}_2 \pm \Delta t_2 = \dots (c); \quad \sigma_{np} = 0,01c$					
$x_4, м$					
$x_4, м = \dots (м); \quad \sigma_{x_4} = \dots (м); \quad x_4 = \bar{x}_4 \pm \Delta x_4 = \dots (м); \quad \sigma_{np} = 0,01c$					
$x_2, м$					
$\bar{x}_2, м = \dots (м); \quad \sigma_{x_2} = \dots (м); \quad x_2 = \bar{x}_2 \pm \Delta x_2 = \dots (м); \quad \sigma_{np} = 0,01c$					

2. Провести измерения t_1 и x_3 . При измерениях цилиндры закрепляют у колонки. Навивают нить на колонку, подводя груз к нулю шкалы, останавливают его колебания. Колонку освобождают, измеряют время

опускания t_1 до нижней точки и координату x_3 , до которой поднимается груз. Измерения проводят 5 раз. Результаты заносят в таблицу 1.

3. Аналогично п.2 провести измерения t_2 и x_4 . Цилиндры в этом случае располагают в крайних, наиболее удалённых от оси положениях.

4. Провести измерения величины x_2 , т.е. координаты, до которой поднимается груз после измерения момента инерции системы. Для этого поступают следующим образом. Приблизив цилиндры к колонке, надевают пластинку кольца на конец стерженька фиксатора. Навивают виток к витку нить, соединённую с грузом, на колонку с пластинкой до тех пор, пока груз не будет на нулевой отметке шкалы. Освобождают колонку, после полного разматывания нити цилиндры освобождаются и переходят в положения груза на шкале x_2 , когда он, начав подниматься, вновь остановится. Измерение x_2 производится 5 раз. Результаты измерений заносятся в таблицу 1.

Обработка результатов.

1. По экспериментальным данным рассчитываются средние значения t_i и x_i .

2. Вычисляют стандартные отклонения σ_{t_1} и σ_{x_3} . Считать $\sigma_{t_1} = \sigma_{t_2}$, $\sigma_{x_3} = \sigma_{x_4} = \sigma_{x_2}$.

3. Вычисляют значения коэффициентов $\bar{\alpha}_1$ и $\bar{\alpha}_2$ используя формулы:

$$\bar{\alpha}_1 = \frac{\bar{x}_3}{2\bar{x}_1 - \bar{x}_3};$$

$$\bar{\alpha}_2 = \frac{\bar{x}_4}{2\bar{x}_1 - \bar{x}_4}.$$

4. Произвести оценку погрешностей полученных $\bar{\alpha}_1$ и $\bar{\alpha}_2$, т.е. определить $\Delta\alpha_1$ и $\Delta\alpha_2$.

$$\Delta\alpha_1 = \sqrt{\left(\frac{2\bar{x}_3 \cdot \Delta x_1}{(2\bar{x}_1 - \bar{x}_3)^2}\right)^2 + \left(\frac{2\bar{x}_1}{(2\bar{x}_1 - \bar{x}_3)^2} \cdot \Delta x_3\right)^2}$$

Принять $\Delta\alpha_1 = \Delta\alpha_2$

5. Записать результат вычислений α_1 и α_2 в виде:

$$\alpha_1 = \bar{\alpha}_1 \pm \Delta\alpha_1$$

$$\alpha_2 = \bar{\alpha}_2 \pm \Delta\alpha_2$$

6. Определить величины работы A_1 и A_2 по формулам:

$$\bar{A}_1 = -\bar{\alpha}_1 \cdot \bar{x}_1 \bar{m} \cdot \bar{g},$$

$$A_2 = -\bar{\alpha}_2 \cdot (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) \bar{m} \cdot \bar{g}.$$

7. Провести оценку погрешностей ΔA_1 и ΔA_2 , используя формулу:

$$\Delta A_1 = \bar{A}_1 \sqrt{\left(\frac{\Delta\alpha_1}{\alpha_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta x_1}{x_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta m}{m}\right)^2 + \left(\frac{\Delta g}{g}\right)^2},$$

где $m = (0,130 \pm 0,001)$ кг – масса груза

$g = (9,80 \pm 0,01) \frac{m}{c^2}$ - ускорение свободного падения.

Считать $\Delta A_1 = \Delta A_2$.

8. Записать результат вычислений работы в виде:

$$A_1 = (\bar{A}_1 \pm \Delta A_1) \text{ Дж},$$

$$A_2 = (\bar{A}_2 \pm \Delta A_2) \text{ Дж}.$$

9. Вычислить значения моментов инерции \bar{J}_1 и \bar{J}_2 , используя формулы:

$$\bar{J}_1 = \frac{\bar{m} \cdot \bar{g} \cdot \bar{r}^2 \cdot \bar{t}_1^2}{2\bar{x}_1},$$

$$\bar{J}_2 = \frac{\bar{m} \cdot \bar{g} \cdot \bar{r}^2 \cdot \bar{t}_2^2}{2\bar{x}_1},$$

где $r = (8,75 \pm 0,01) \cdot 10^{-3}$ м – радиус колонки.

10. Вычислить погрешности ΔJ_1 и ΔJ_2 по формуле:

$$\Delta J_1 = \bar{J}_1 \sqrt{\left(\frac{\Delta m}{m}\right)^2 + \left(\frac{\Delta g}{g}\right)^2 + 4\left(\frac{\Delta r}{r}\right)^2 + 4\left(\frac{\Delta t_1}{\bar{t}_1}\right)^2}$$

Считать $\Delta J_1 = \Delta J_2$.

Записать результат вычислений моментов инерции в виде:

$$J_1 = (\bar{J}_1 \pm \Delta J_1) \text{ кг} \cdot \text{м}^2,$$

$$J_2 = (\bar{J}_2 \pm \Delta J_2) \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

11. Определить значения угловых скоростей $\bar{\omega}_1$ и $\bar{\omega}_2$, учитывая отрицательный знак работы силы трения по следующим формулам:

$$\bar{\omega}_1 = \sqrt{\frac{2(\bar{m} \cdot \bar{g} \cdot \bar{x}_1 - \bar{A}_1)}{\bar{J}_1}},$$

$$\bar{\omega}_2 = \sqrt{\frac{2\bar{m} \cdot \bar{g}(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - \bar{A}_2}{\bar{J}_2}}.$$

12. Произвести оценку погрешностей полученных результатов, используя формулу:

$$\Delta \omega_1 = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sqrt{\left(\frac{2\bar{g} \cdot \bar{x}_1 \Delta m}{\bar{J}_1 \cdot \bar{m}}\right)^2 + \left(\frac{2\bar{x}_1 \cdot \bar{m} \cdot \Delta g}{\bar{J}_1 \cdot \bar{g}}\right)^2 + \left(\frac{2\bar{m} \cdot \bar{g} \cdot \Delta x_1}{\bar{J}_1 \cdot \bar{x}_1}\right)^2 + 2\left(\frac{(\bar{g} \cdot \bar{x}_1 \cdot \bar{m} - \bar{A}_1) \cdot \Delta J}{\bar{J}_1^2}\right)^2 + \left(\frac{2\Delta \bar{A}_1}{\bar{J}_1 \cdot \bar{A}_1}\right)^2}}{\sqrt{\frac{2(\bar{m} \cdot \bar{g} \cdot \bar{x}_1 - \bar{A}_1)}{\bar{J}_1}}}$$

Считать $\Delta \omega_1 = \Delta \omega_2$

13. Записать результат вычислений в виде:

$$\omega_1 = (\bar{\omega}_1 \pm \Delta \omega_1) \frac{\text{рад}}{\text{с}},$$

$$\omega_2 = (\bar{\omega}_2 \pm \Delta \omega_2) \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

14. Вычислить моменты импульса при двух положениях цилиндров

$$\bar{L}_1 = \bar{\omega}_1 \cdot \bar{J}_1,$$

и

$$\bar{L}_2 = \bar{\omega}_2 \cdot \bar{J}_2.$$

15. Провести оценку погрешностей определения моментов импульса, т.е. определить ΔL_1 и ΔL_2 .

$$\Delta L_1 = \bar{L}_1 \sqrt{\left(\frac{\Delta \omega_1}{\bar{\omega}_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta J}{\bar{J}_1}\right)^2},$$

Принять $\Delta L_1 = \Delta L_2$.

Результаты вычислений записать в виде:

$$L_1 = (\bar{L}_1 \pm \Delta L_1) \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}},$$

$$L_2 = (\bar{L}_2 \pm \Delta L_2) \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}}.$$

Провести сравнение экспериментально определённых значений моментов импульса системы тел при двух её конфигурациях.

Выполняемость закона сохранения момента импульса следует из равенства отношений $\frac{\bar{\omega}_2}{\bar{\omega}_1}$ и $\frac{\bar{J}_1}{\bar{J}_2}$.

Поэтому необходимо провести сравнение экспериментально определённых значений этих отношений.

Контрольные вопросы

- 1 Что называется моментом импульса материальной точки относительно неподвижной точки?
- 2 Дать понятие момента импульса абсолютно твёрдого тела относительно неподвижной оси?
- 3 Сформулировать закон сохранения момента импульса вращающегося тела?
- 4 Объяснить применение закона сохранения импульса для вращающейся системы тел, у которой в процессе движения может меняться момент инерции?
- 5 Пользуясь законом сохранения энергии получить формулы для угловых скоростей ω_1 и ω_2 , соответствующих моментом инерции J_1 и J_2 ?
- 6 Вывести формулы для моментов инерции J_1 и J_2 ?
- 7 Пояснить цель и порядок выполнения работы?

Список использованных источников

- 1 **Матвеев А.Н.** Механика и теория относительности / А.Н.Матвеев. М.: Высшая школа, 1986.-320с.
- 2 **Савельев И.В.** Курс общей физики [Текст] в 3т: учебное пособие / И.В.Савельев. – Т 1: Механика. Молекулярная физика. - М.: 1987. – 432с.