

Отчет по лабораторной работе 1.2.2 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ЗАКОНА ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ НА КРЕСТООБРАЗНОМ МАЯТНИКЕ

Максим Осипов, Б03-504

26.11.2025

1 Аннотация

Цель работы: 1) экспериментально получить зависимость углового ускорения от момента прикладываемых к маятнику сил, убедиться, что угловое ускорение зависит линейно от момента сил, определить момент инерции маятника; 2) проанализировать влияние сил трения, действующих на ось вращения.

В работе используются: крестообразный маятник, набор перегрузок, секундомер, линейка, штангенциркуль.

2 Теоретическая справка

В данной работе экспериментально проверяется уравнение вращательного движения:

$$I \frac{d\omega}{dt} = M. \quad (1)$$

Для этого используется крестообразный маятник, устройство которого понятно из рис. 1.

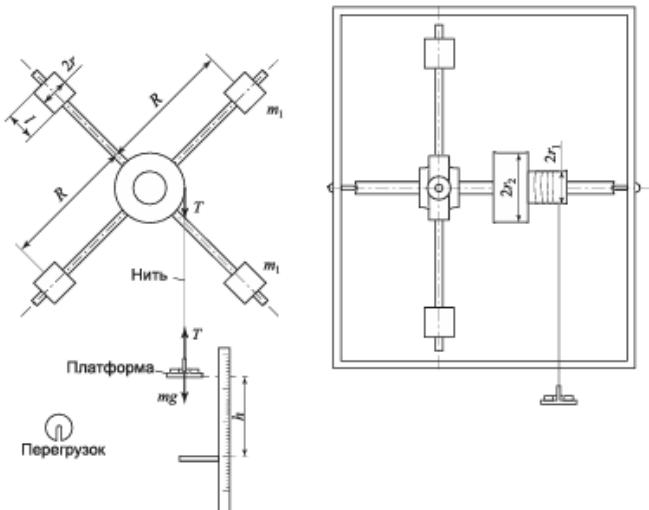


Рисунок 1: крестообразный маятник

Маятник состоит из четырех тонких стержней, укрепленных на втулке под прямым углом друг к другу. Втулка и два шкива различных радиусов (r_1 и r_2) насажаны на общую ось. Ось закреплена

в игольчатых подшипниках, так что вся система может свободно вращаться вокруг горизонтальной оси. Момент инерции маятника можно изменять, передвигая грузы m_1 вдоль стержней.

На один из шкивов маятника навита тонкая нить. Привязанная к ней легкая платформа известной массы служит для размещения перегрузок. Вращающий момент создается силой натяжения нити T :

$$M_n = rT, \quad (2)$$

где r — радиус шкива (r_1 или r_2).

Силу T легко найти из уравнения движения платформы с перегрузком:

$$mg - T = ma. \quad (3)$$

Здесь m — масса платформы с перегрузком.

Если момент сил трения M в подшипниках мал по сравнению с моментом M_n силы натяжения нити, то из (1), (2) и (3) следует постоянство ускорения a , и, измеряя время t , в течение которого нагруженная платформа из состояния покоя опускается на расстояние h , можно найти ее ускорение a :

$$a = \frac{2h}{t^2}, \quad (4)$$

связанное с угловым ускорением $\beta = d\omega/dt$ простым соотношением:

$$a = r \frac{d\omega}{dt} = r\beta. \quad (5)$$

Система уравнений (2) – (5) полностью решает поставленную задачу.

В реальных опытах момент сил трения M может оказаться достаточно большим и существенно исказить результаты опыта. На первый взгляд относительную роль этого момента легко уменьшить, увеличивая массу m . Это, однако, не так, поскольку:

1. увеличение массы m ведет к увеличению давления маятника на ось, что вызывает возрастание сил трения;
2. увеличение m уменьшает время t падения платформы и, следовательно, ухудшает точность измерения времени.

В нашей установке момент сил трения снижен благодаря креплению оси маятника в игольчатых подшипниках (см. рис. 1), однако влияние трения вполне ощутимо и должно приниматься во внимание при обработке результатов опыта.

Для дальнейшей работы удобно преобразовать уравнение (1), выделив момент сил трения в явном виде:

$$M_n - M = I \frac{d\omega}{dt}. \quad (6)$$

Момент инерции всей системы вычисляется по формуле:

$$I = I_0 + 4m_1R^2 + 4\frac{m_1l^2}{12} + 4\frac{m_1r^2}{4}, \quad (7)$$

где I_0 — момент инерции системы без грузов m_1 , R — расстояние центров масс грузов от оси вращения, r — радиус грузов, l — образующая цилиндрических грузов.