

Изучение движения тела по окружности с постоянной по модулю скоростью

Цель работы: убедиться в том, что при движении тела по окружности под действием нескольких сил их равнодействующая равна произведению массы тела на ускорение: $F = ma$ (на примере конического маятника).

Оборудование: динамометр; часы с секундной стрелкой или секундомер; измерительная лента; груз из набора по механике массой 100 г; штатив лабораторный с муфтой и кольцом; прочная нить; лист бумаги с начерченной на нем окружностью радиусом 15—20 см; транспортир.

Указания к работе

На конический маятник действуют две силы: сила тяжести $m\vec{g}$ и сила упругости $\vec{F}_{\text{упр}}$. Их равнодействующая равна $\vec{F} = m\vec{g} + \vec{F}_{\text{упр}}$. Сила \vec{F} сообщает маятнику центростремительное ускорение

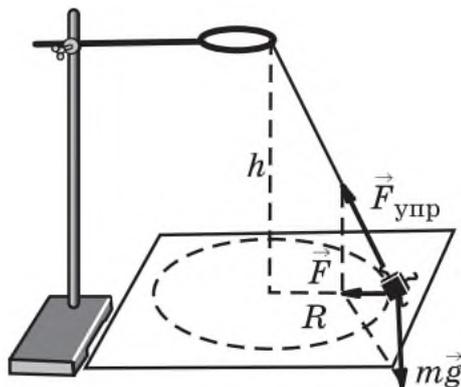
$$a = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$$

(R — радиус окружности, по которой движется груз, T — период его вращения).

Таким образом, в работе необходимо сравнить силу F с произведением

$$m \frac{4\pi^2 R}{T^2}$$

Для выполнения работы собирают установку с коническим маятником (рис. 5). К кольцу штатива подвешивают на нити груз. Для этого верхний конец нити продевают в отверстие кольца штатива и заклинивают заостренной спичкой. На столе под маятником располагают лист бумаги с начерченной на нем окружностью. Центр окружности располагают на отвесной линии, проходящей через точку подвеса маятника. Затем маятник приводят во вращательное движение в горизонтальной плоскости, взявшись двумя пальцами за нить у точки подвеса.



Радиус вращения маятника подбирают равным радиусу окружности.

Период вращения маятника измеряют часами с секундной стрелкой. При этом один ученик следит за секундной стрелкой, другой — вращает маятник, ведет счет оборотов N за одну или две минуты. Зная время и число оборотов, вычисляют период вращения:

$$T = \frac{t}{N}$$

Подставляют полученные данные (R , m , T) в приведенную выше формулу и находят величину ma .

Равнодействующую сил тяжести и упругости можно найти несколькими

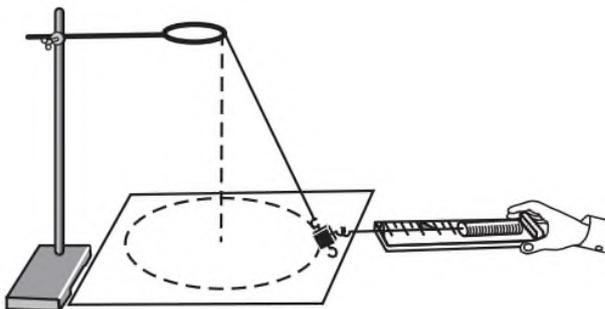
способами.

Из пропорции:

$$\frac{F}{mg} = \frac{R}{h}, \quad F = \frac{mgR}{h}$$

Из соотношения $h = l \cos \alpha$, где l — длина маятника, α — угол отклонения маятника от положения равновесия.

Измерение силы F с помощью динамометра. В этом случае маятник оттягивают от положения равновесия на расстояние, равное радиусу окружности R , и снимают показания динамометра.



Последний способ измерения силы дает наименьшую погрешность, так как в этом случае она определяется только погрешностями динамометра и отсчета.

Сопоставляя результаты измерений F и ma , убеждаются, что они близки между собой. Относительную погрешность косвенного измерения силы на основе соотношения

$$F = m \frac{4 \pi^2 N^2 R}{t^2}$$

находят по формуле

$$\varepsilon_F = \varepsilon_m + 2\varepsilon_t + \varepsilon_R + \varepsilon_{\text{сист}}$$

Здесь $\varepsilon_m = 2\%$ — относительная погрешность массы груза, ε_t — граница случайной погрешности измерения времени. При малых углах отклонения маятника можно считать, что $\varepsilon_R = 0$, так как период его не зависит от угла отклонения. При достаточно длинной нити можно уменьшить $\varepsilon_{\text{сист}}$ до такого значения, что суммой ($\varepsilon_{\text{сист}} + \varepsilon_m$) можно пренебречь по сравнению со случайной погрешностью измерения времени, которая вносит основной вклад в погрешность. Поэтому

$$\varepsilon_F = 2 \frac{\Delta t}{t_{\text{ср}}}$$

В зависимости от числа опытов по вычисленному значению произведения ma находят границы абсолютной погрешности

$$\Delta F = \varepsilon_F (ma)$$

Контрольные вопросы:

1. Перечислите силы, действующие на груз, при его обращении по окружности, при измерении силы динамометром. Дайте их определение.

2. В чём заключается принцип суперпозиции сил? Чему равна равнодействующая сила в случае обращения груза по окружности, при измерении силы динамометром?
3. Сформулируйте второй закон Ньютона.
4. Чем отличаются математический и конический маятники?
5. Что вы можете сказать о величине и направлении линейной скорости и центростремительного ускорения при равномерном движении по окружности?
6. Через какое минимальное время при равномерном движении по окружности направления скорости и ускорения изменяются на противоположное?
7. Воспользовавшись результатами измерений лабораторной работы, вычислите частоту обращения, линейную и угловую скорости груза.

Примечание: на базе данной экспериментальной установки можно провести лабораторную работу **«Исследование зависимости периода обращения конического маятника от его параметров»**