

Лабораторная работа

“Определение момента инерции и проверка теоремы Штейнера методом крутильных колебаний”

Принадлежности: 1) трифилярный подвес, 2) секундомер, 3) штангенциркуль, 4) образцы для измерения.

Теория метода. Трифилярный подвес (рис. 1) осуществлен так: круглая платформа подвешена на трёх симметрично расположенных нитях, укрепленных у краёв этой платформы. Наверху эти нити также симметрично прикреплены к диску несколько меньшего диаметра, чем диаметр платформы. Платформа может совершать крутильные колебания вокруг вертикальной оси, перпендикулярной к её плоскости и проходящей через её середину; центр тяжести платформы при этом перемещается по оси вращения. Период колебаний определяется величиной момента инерции платформы; он будет другим, если платформу нагрузить каким-либо телом; этим и пользуются в настоящей работе.

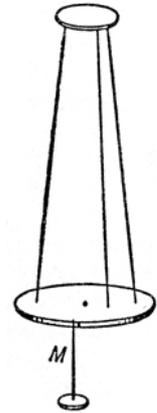


рис. 1

Если платформа массы m , вращаясь в одном направлении, поднялась на высоту h , то приращение потенциальной энергии будет равно

$$E_1 = m g h ,$$

где g – ускорение силы тяжести. Вращаясь в другом направлении, платформа придёт в положение равновесия с кинетической энергией, равной

$$E_2 = \frac{1}{2} J \omega_0^2 ,$$

где J – момент инерции платформы, ω_0 – угловая скорость платформы в момент достижения ею положения равновесия. Пренебрегая работой сил трения, на основании закона сохранения механической энергии имеем

$$\frac{1}{2} J \omega_0^2 = m g h . \quad (1)$$

Считая, что платформа совершает гармонические колебания, можем написать зависимость углового смещения платформы от времени в виде

$$\beta = \alpha \sin \frac{2 \pi}{T} t ,$$

где β – угловое смещение платформы, α – амплитуда смещения, T – период полного колебания, t – текущее время. Угловая скорость ω , являющаяся первой производной β по времени, выражается так:

непосредственно измерены.

Вращательный импульс, необходимый для начала крутильных колебаний, сообщается платформе путём поворота верхнего диска вокруг его оси при помощи натяжения шнура, приводящего в движение рычажок, связанный с диском. Этим достигается почти полное отсутствие других некрутильных колебаний, наличие которых затрудняет измерения.

Для удобства отсчёта колебаний на платформе имеется метка, против которой при покоящейся платформе устанавливается указатель – стержень на подставке.

Измерения. Сначала определяют по формуле (4) момент инерции пустой платформы J_0 . Так как величины l , R , r и масса платформы m_0 даются как постоянные прибора, то определяют только величину времени полного периода колебаний пустой платформы T_0 . Для этого сообщают платформе вращательный импульс и при помощи секундомера измеряют время некоторого числа (50-100) полных колебаний, что дает возможность достаточно точно определить величину периода T_0 .

После этого платформу загружают исследуемым телом, масса которого должна быть предварительно определена путем взвешивания, и вновь определяют период колебания T всей системы. Затем, пользуясь формулой (4), вычисляют момент инерции J_1 всей системы, принимая её массу m равной сумме масс тела и платформы. Величина момента инерции тела J будет определяться как разность $J = J_1 - J_0$.

При помощи трифилярного подвеса может быть проверена и теорема Штейнера, для чего необходимо иметь два совершенно одинаковых тела. Сначала определяют момент инерции одного тела, затем оба тела располагают симметрично на платформе и определяют их момент инерции при таком расположении. Половина этой величины и будет давать момент инерции одного тела, находящегося на фиксированном расстоянии от оси вращения. Зная это расстояние, массу тела и момент инерции этого тела, положенного в центре платформы, можно проверить указанную теорему.

Тела на платформу необходимо класть строго симметрично так, чтобы не было перекоса платформы, для чего на платформе нанесены концентрические окружности на определённом расстоянии друг от друга. При измерениях недопустимо пользоваться амплитудами колебаний, большими $5-6^\circ$.

ЛИТЕРАТУРА

С. П. Стрелков, Механика. § 52, 59, Гостехиздат, 1956.