

1.16. Волчок

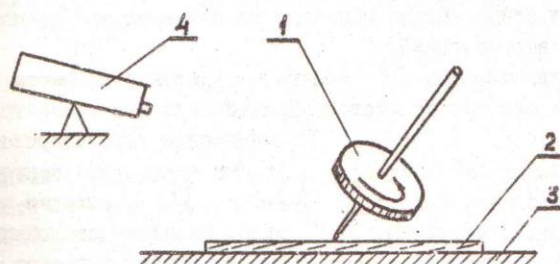


Рис.33. 1 - волчок, 2 - кусок толстой фанеры, 3 - поверхность стола, 4 - телевизионная камера.

В начале опыта волчок 1 лежит на куске фанеры 2, а телекамера 4 установлена со стороны аудитории так, чтобы на экранах мониторов было видно крупное изображение волчка.

Демонстратор берет пальцем верхний конец оси волчка, устанавливает его в вертикальном положении и отпускает. Наблюдается, что волчок "падает", т.е. поворачивается около горизонтальной оси и занимает положение, изображенное на рис.33.

Затем берется ось волчка между ладонями, закручивается против часовой стрелки и отпускается, ориентируя его ось в вертикальном направлении. Видно, что волчок вращается и не падает. Достаточно быстрым и сильным ударом палкой ударяют по оси волчка недалеко от его центра инерции. Видно, что даже при этом волчок не падает, а его ось отклоняется на некоторый угол от вертикального направления. Верхний конец оси волчка после этого начинает перемещаться по окружности, а сама ось - по поверхности конуса.

Кусок фанеры берется в руки, и волчок подбрасывается вверх. Падая обратно на фанеру, волчок не падает, а продолжает вращаться.

Волчок останавливают и закручивают заново. При отпуске стараются отклонить его ось от вертикального направления на 30° . Наблюдается, что ось волчка перемещается по поверхности конуса и одновременно медленно поднимается вверх, пока не становится вертикальной.

Центр инерции A волчка находится выше места касания (рис.34) его оси со столом. Практически это место точечное и невозможно ориентировать ось волчка так, чтобы вектор силы тяжести $\vec{P}$ проходил через точку O . Малейшее отклонение оси вызывает момент импульса силы тяжести $\vec{L}_p$, который направлен горизонтально. Под действием этого момента волчок поворачивается около горизонтальной оси и "падает".

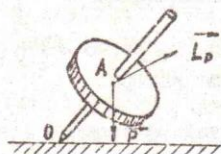


Рис.34.

Закрученный с угловой скоростью $\vec{\omega}$ волчок имеет момент импульса $\vec{L}$, который направлен вдоль его оси. Если волчок вращается против часовой стрелки, момент импульса направлен вверх (рис.35-а). Благодаря гироскопическому эффекту, волчок старается сохранить это направление своей оси и не падает. Если по оси волчка выше центра инерции ударить палкой, то прилагается к нему кратковременная сила $\vec{F}$, которая, допустим, направлена горизонтально и перпендикулярно к плоскости рисунка. Эта сила вызывает момент импульса $\vec{L}_f$ и ось волчка отклоняется и становится параллельной общему моменту импульса $\vec{L}' = \vec{L} + \vec{L}_f$. Поскольку $\vec{L}_f$ быстро исчезает, ось волчка остается отклоненной за счет гироскопического эффекта. Но в отклоненном положении на волчок начинает действовать постоянный момент импульса $\vec{L}_p$, направленный горизонтально (тут —

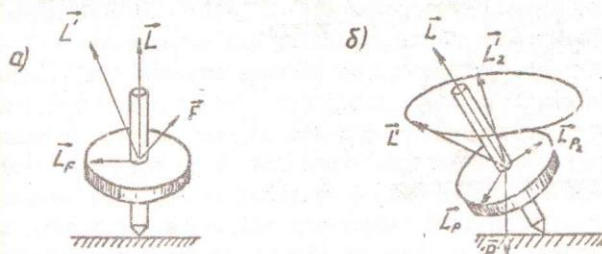


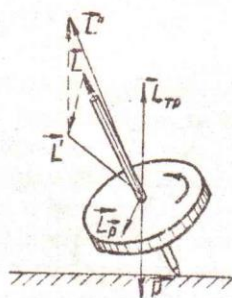
Рис.35.

к наблюдателю, рис.35-б). Под его действием ось гироскопа поворачивается и занимает положение $\vec{L}'$. При этом поворачивается и вектор $\vec{L}_P$ и становится горизонтальным вектором $\vec{L}_P$. После сложения $\vec{L}$ и $\vec{L}_P$ ось гироскопа поворачивается и занимает положение $\vec{L}_2$ и т.д. Суммируя сказанное, видно, что постоянно действующий момент импульса непрерывно поворачивает ось волчка так, что она описывает конус. Наблюдаемое явление называется прецессией оси волчка.

Если подбрасывать волчок вверх, он опустится обратно на кусок фанеры и будет продолжать прецессировать. При этом может изменяться угол наклона оси волчка.

С течением времени можно убедиться, что ось волчка поднимается и становится вертикальной. При этом прецессионное движение прекращается, а волчок просто вращается около вертикального направления. Это явление объяснимо тем, что во всех реальных случаях на волчок кроме моментов импульса $\vec{L}$ и $\vec{L}_P$ действует еще третий — $\vec{L}_{тр}$. Этот момент импульса вызван наличием сил трения о поверхность стола (рис.36).

Вектор $\vec{L}_{тр}$ направлен вертикально вверх и результирующий момент импульса равен: $\vec{L}'' = \vec{L} + \vec{L}_P + \vec{L}_{тр}$. Из рисунка видно, что под непрерывным действием $\vec{L}_{тр}$ вектор $\vec{L}''$ имеет тенденцию подняться и стать в вертикальном направлении. В начале опыта это незаметно потому, что $|\vec{L}_{тр}| \ll |\vec{L}|$, а с течением времени под его действием момент импульса $\vec{L}$



уменьшается по величине и на-
чинает проявляться поворот
оси волчка в вертикальной плос-
кости.

Рис. 36.