

## УСТАНОВКА ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИИ ПРЕЦЕССИИ ГИРОСКОПА И ГИРОСКОПИЧЕСКИХ СИЛ ФДМ 003

Установка для демонстрации прецессии гироскопа и демонстрации гироскопических сил ФДМ 003 состоит из гироскопа с тремя степенями свободы. Ось I маховика 2 гироскопа может закрепляться в специальных кронштейнах основания 3 в соответствии Рис. 6.1 и Рис.6.2.

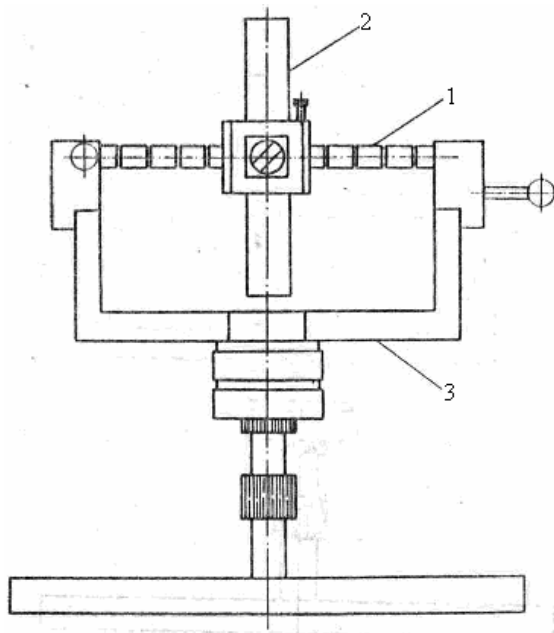


Рис. 6.1

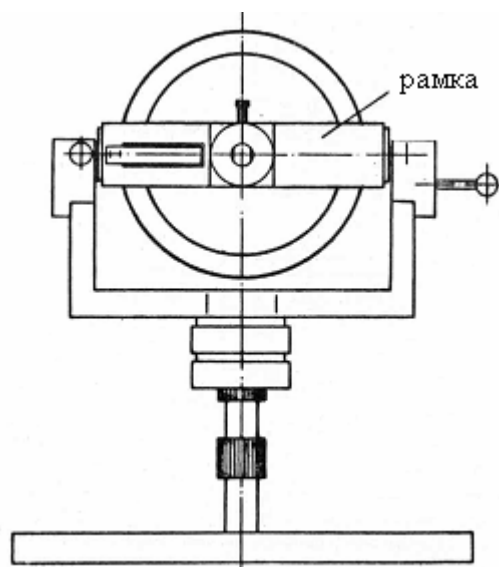


Рис. 6.2

Установка позволяет демонстрировать: эффект, связанный с законом сохранения момента импульса, гироскопический эффект, прецессию гироскопа под действием момента силы тяжести, эффекты, связанные с существованием гироскопических сил.

1) Для демонстрации закона сохранения момента импульса, кроме установки, необходима скамья Жуковского (см. раздел 5). Демонстрация закона сохранения момента импульса осуществляется следующим образом: разгоняют гироскоп, установленный на основании в соответствии с Рис. 6.1, до максимально возможной скорости вращения. Осторожно берут маховик, закрепленный на оси за противоположные концы оси и снимают его с основания. Затем демонстратор встает на скамью Жуковского и, удерживая маховик двумя руками за один конец оси, очень медленно (в противном случае гироскоп может вырваться из рук экспериментатора) поворачивает ось маховика до вертикального положения. При этом скамья Жуковского начинает вращаться. Далее опыт можно продолжать следующим образом:

- сначала возвращают ось в первоначальное горизонтальное положение - скамья Жуковского при этом должна остановиться;

- затем поворачивают ось маховика до вертикального положения так, чтобы момент импульса маховика оказался направленным противоположно первоначальному направлению. В этом случае скамья Жуковского начинает вращаться в противоположную сторону.

2) Для демонстрации гироскопического эффекта (постоянства ориентации оси вращения гироскопа) гироскоп устанавливают на основание в соответствии с Рис. 6.2 и уравнивают его перемещением оси в маховике. Затем разгоняют гироскоп до максимальной скорости вращения и, поднимая за край основания демонстрационного устройства, демонстрируют постоянство направления оси гироскопа в пространстве. Опыт целесообразно проводить при горизонтальном положении оси уравновешенного гироскопа. Этот эффект является следствием основного уравнения динамики вращательного движения при условии, что отсутствует момент внешних сил, действующих на гироскоп.

Демонстрация гироскопического эффекта может быть произведена также при наличии момента внешних сил, действующих на гироскоп.

Пусть гироскоп вращается вокруг оси  $00$  (Рис. 6.3). Такой гироскоп обладает моментом импульса  $\vec{L}$ , направленным вдоль оси  $00$ . Пусть на гироскоп действует пара сил  $\vec{f}_1$  и  $\vec{f}_2$  (Рис. 6.3); момент  $\vec{M}$  этой пары направлен вдоль оси  $0'0'$ .

За время  $\Delta t$  момент импульса гироскопа  $\vec{L}$  получит приращение  $\Delta \vec{L} = \vec{M} \Delta t$ ; за это время ось гироскопа  $00$  повернется в направлении вектора  $\Delta \vec{L}$  вокруг оси  $0''0''$  на угол  $\alpha$ . При этом момент импульса гироскопа будет равен вектору  $\Delta \vec{L}'$  (Рис. 6.3). Таким образом, ось гироскопа займет новое положение в пространстве.

Если подействовать на гироскоп постоянным по направлению моментом внешних сил  $\vec{M}$ , то ось гироскопа установится в конце концов так, чтобы ось и направление собственного вращения гироскопа совпадали с осью и направлением вращения под действием момента внешних сил. Вектор  $\vec{L}$  при этом совпадает по направлению с вектором  $\vec{M}$ . На описанном выше свойстве гироскопа основан принцип действия прибора, называемого гироскопическим компасом.

**ПРИМЕЧАНИЕ:** в лабораторных условиях невозможно создать постоянный по направлению момент внешних сил. Проще создать момент внешних сил, модуль которого остается постоянным. В этом случае возникает прецессия гироскопа.

3) Для демонстрации прецессии гироскопа его устанавливают на основании в соответствии с рис. 6.2. Гироскоп должен быть неуравновешенным, что достигается размещением грузика на оси гироскопа. При этом центр масс гироскопа не совпадает с центром подвеса; на гироскоп действует момент силы тяжести. Момент силы тяжести постоянен по модулю (рис. 6.3). Ось гироскопа при этом будет совершать медленное вращение вокруг вертикальной оси  $0''0''$  (Рис. 6.3) против часовой стрелки.

Если снять грузик, вращение прекращается. Можно продемонстрировать влияние массы грузика или расстояния грузика до центра подвеса гироскопа (напомним, что  $M=mgr$ , где  $r$  - расстояние между центром массы и центром подвеса гироскопа) на прецессию гироскопа.

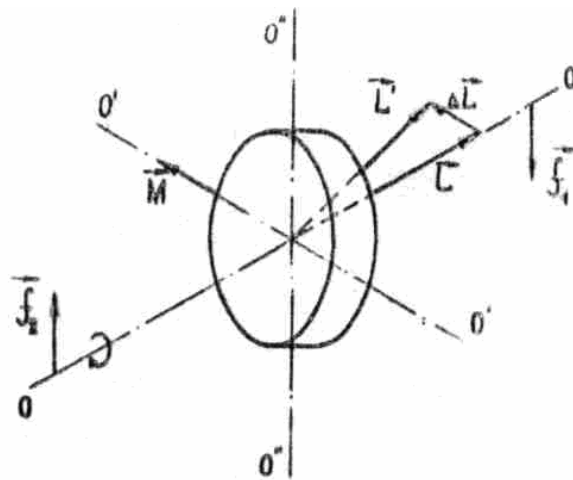


Рис. 6.3

4) Для демонстрации проявления гироскопических сил необходимо, чтобы ось гироскопа свободно покоилась на опорах (Рис.6.4). Рассмотрим эффект, возникающий при вынужденном вращении вертикальной оси. В демонстрационном устройстве ось гироскопа покоится на U – образном кронштейне основания. Будем поворачивать кронштейн так, как показано на рис. 6.4.

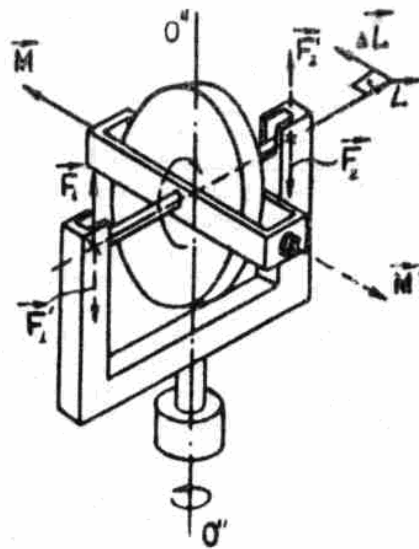


Рис. 6.4

Если момент импульса гироскопа  $\vec{L}$  направлен вправо, то при повороте подставки (Рис.6.4) за время  $\Delta t$  вектор  $\vec{L}$  получит приращение  $\Delta\vec{L}$ , Здесь  $\Delta\vec{L}$  - вектор, направленный на плоскость рисунка. Это означает, что при таком повороте на гироскоп действует момент сил  $\vec{M}$ , причем  $\vec{M} \uparrow\uparrow \Delta\vec{L}$ . Момент  $M$  обусловлен возникновением пары сил  $\vec{F}_1$  и  $\vec{F}_2$  действующих на ось гироскопа со стороны кронштейна. В соответствии с третьим законом Ньютона ось гироскопа будет действовать на кронштейн

с силами  $\vec{F}_1$  и  $\vec{F}_2$  соответственно. Эти силы называются гироскопическими. Так как в данном опыте ось гироскопа свободно покоится на опорах кронштейна и не имеет сверху фиксаторов, то при повороте кронштейна в указанном на Рис.6.4 направлении правый конец оси гироскопа поднимется вверх. При изменении направления вращения кронштейна вверх поднимется левый конец оси (Рис.6.4). Отметим, что демонстрация гироскопических сил весьма наглядна.