

ГИРОМАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ — явления, в которых выражается связь между магн. и механ. моментами микрочастиц; то же, что *магнитомеханические явления*. **ГИРОСКОП** (от греч. *gyro* — кружусь, вращаюсь и *skopeo* — смотрю, наблюдаю) — быстровращающееся симметричное твёрдое тело, ось вращения (ось симметрии) которого может изменять своё направление в пространстве. Свойствами Г. обладают вращающиеся небесные тела, артиллерийские снаряды, роторы турбин, устанавливаемых на судах, винты самолётов и т. п. В совр. технике Г. — осн. элемент всевозможных гироскопич. устройств или приборов, широко применяемых для автоматич. управления движением самолётов, судов, торпед, ракет и в ряде др. систем гироскопич. стабилизации, для целей навигации (указатели курса, поворота, горизонта, стран света и др.), для измерения угловых или поступат. скоростей движущихся объектов (напр., ракет) и во мн. др. случаях (напр., при прохождении стволов штолен, строительстве метрополитенов, при бурении скважин).

Чтобы ось Г. могла свободно поворачиваться в пространстве, Г. обычно закрепляют в кольцах т. н. карданова подвеса (рис. 1), в к-ром оси внутри и внеш. колец и ось Г. пересекаются в одной точке, наз. центром подвеса. Закреплённый в таком подвесе Г. имеет 3 степени свободы и может совершать любой поворот около центра подвеса. Если центр тяжести Г. совпадает с центром

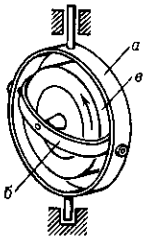


Рис. 1. Классический кардановый подвес: а — внешнее кольцо, б — внутреннее кольцо, в — ротор.

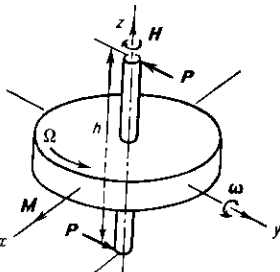


Рис. 2. Прецессия гироскопа. Угловая скорость прецессии ω направлена так, что вектор собственного кинетического момента H стремится к совпадению с вектором момента M пары, действующей на гироскоп.

подвеса, Г. наз. у равновешенным, или аstaticким. Изучение законов движения Г. — задача динамики твёрдого тела.

Основные свойства гироскопа. Если к оси быстровращающегося свободного Г. приложить пару сил ($P - P$) с моментом $M = Ph$ (h — плечо силы) (рис. 2), то (против ожидания) Г. начнёт дополнительно поворачиваться не вокруг оси x , перпендикулярной к плоскости пары, а вокруг оси y , лежащей в этой плоскости и перпендикулярной к собств. оси тела z . Это дополнит. движение наз. прецессией. Прецессия Г. будет происходить по отношению к инерциальной системе отсчёта (к осям, направленным на неподвижные звёзды) с угловой скоростью

$$\omega = M/I\Omega, \quad (1)$$

где I — момент инерции Г. относительно оси z , Ω — угловая скорость собств. вращения Г. относительно той же оси. Величина $H = I\Omega$ наз. собственным кинетическим моментом (или моментом количества движения) Г. Направление ω определяется так, как показано на рис. 2. Из ф-лы (1) ясно, что прецессия происходит тем медленнее, чем больше Ω ; на практике величина ω бывает в миллионы раз меньше Ω .

При более подробном рассмотрении оказывается, что собств. вращение и прецессия симметричного Г. могут сопровождаться т. н. нутациями — быстрыми конич. движениями оси Г. относительно изменяющегося по закону (1) направления (рис. 3). Угол конуса нутации 2α , как правило, бывает очень мал. Кроме того, из-за наличия неизбежных сопротивлений нутации обычно быстро затухают. Всё это позволяет при решении большинства технич. задач учитывать только прецессию Г., что и приводит к т. н. элементарной, или прецессионной, теории гироскопич. явлений, осн. соотношением к-рой является ф-ла (1). В более общем случае, когда угол α между осями собств. вращения и прецессии оказывается не равным 90° , эта ф-ла принимает вид

$$[\omega \cdot I\Omega] = M \text{ или } I\omega\Omega \sin \alpha = M. \quad (2)$$

При изучении поведения Г. по отношению к подвижному основанию в выражение для M должны входить и моменты сил инерции переносного движения.

Из ф-лы (1) следует, что если Г. будет полностью свободен от постоянно действующих на него сил, т. е. при $M = 0$, ось Г. будет сохранять неизменное направление по отношению к неподвижным звёздам, т. к. тогда $\omega = 0$. Кратковрем. воздействие на ось такого Г. пары сил с моментом $M \neq 0$ вызовет смещение оси на малый угол, тем меньший, чем меньше ω , т. е. чем больше будет $H = I\Omega$. С прекращением же этого воздействия будет опять $M = 0$, а следовательно, и $\omega = 0$, так что смещение оси прекратится. Т. о., ось быстровращающегося свободного Г. практически не изменяет своего направления под влиянием кратковрем. внеш. возмущений (толчков) и в этом смысле устойчива. Важным свойством свободного Г. устойчиво сохранять направление своей оси пользуются в устройствах, применяемых для автоматич. управления движением самолётов, ракет и т. п., а также в ряде навигац. и др. приборов.

Г., ось к-рого закреплена подшипниками a, a_1 в кольце с неподвижной осью вращения bb_1 (рис. 4), обладает двумя степенями свободы. Если это кольцо вращать вокруг оси bb_1 с угловой скоростью ω , то Г. будет совершать вынужденную прецессию. При этом со стороны Г. на подшипники a, a_1 действует пара сил (Q, Q_1), стремящаяся совместить ось собств. вращения aa_1 с осью прецессии bb_1 так, чтобы направления векторов Ω и ω совпали (правило Н. Е. Жуковского). Момент этой гироскопич. пары

$$G = I[\Omega \cdot \omega] \text{ или } G = I\omega\Omega \sin \alpha, \quad (3)$$

где α — угол между осями aa_1 и bb_1 . Подобный гироскопич. эффект имеет место у роторов турбин, установленных на судах, при повороте судов или при качке, у винтовых самолётов при виражах и т. п. Ф-ла (3) позволяет определить возникающие при этом гироскопич. давления на подшипники.

На гироскопич. эффекте основан принцип т. н. силовой гироскопич. стабилизации (см. ниже), а также устройство ряда приборов, напр. гироскопич. указатели поворотов и др.

Уравнения движения гироскопа. Движение большинства гироскопич. систем таково, что если исключить кратковрем. переходные процессы, возникающие при ударах или при резких изменениях сил, действующих на систему, изменение ориентации осей роторов Г. относительно направлений на неподвижные звёзды происходит весьма медленно. При изучении такого прецессионного движения достаточно пользоваться элементарной теорией Г.

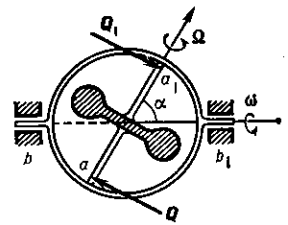


Рис. 4. Гироскоп с двумя степенями свободы.

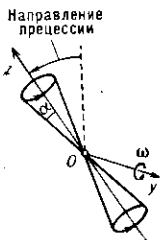


Рис. 3. Конус нутаций.

количества движения) Г. Направление ω определяется так, как показано на рис. 2. Из ф-лы (1) ясно, что прецессия происходит тем медленнее, чем больше Ω ; на практике величина ω бывает в миллионы раз меньше Ω .