Gyroscopes can be very perplexing objects because they move in peculiar ways and even seem to defy gravity. These special properties make ­gyroscopes extremely important in everything from your bicycle to the advanced navigation system on the space shuttle. A typical airplane uses about a dozen gyroscopes in everything from its compass to its autopilot. The Russian Mir space station used 11 gyroscopes to keep its orientation to the sun, and the Hubble Space Telescope has a batch of navigational gyros as well. Gyroscopic effects are also central to things like yo-yos and Frisbees!

If you have ever played with toy gyroscopes, you know that they can perform all sorts of interesting tricks. They can balance on string or a finger; they can resist motion about the spin axis in very odd ways; but the most interesting effect is called **precession**. This is the gravity-defying part of a gyroscope. The following video shows you the effects of precession using a bicycle wheel as a gyro:

The most amazing section of the video, and also the thing that is unbelievable about gyroscopes, is the part where the gyroscopic bicycle wheel is able to hang in the air like this:

How can it do that?

This mysterious effect is precession. In the general case, precession works like this: If you have a spinning gyroscope and you try to rotate its spin axis, the gyroscope will instead try to rotate about an axis at right angles to your force axis, like this:

So why does precession happen?

**the gyroscope is spinning on its axis. In figure 2, a force is applied to try to rotate the spin axis. In figure 3, the gyroscope is reacting to the input force along an axis perpendicular to the input force.**

**The Cause of Precession**

Why should a gyroscope display this behavior? It seems totally nonsensical that the bicycle wheel's axle can hang in the air like that. If you think about what is actually happening to the different sections of the gyroscope as it rotates, however, you can see that this behavior is completely normal!

Let's look at two small sections of the gyroscope as it is rotating -- the top and the bottom, like this:

When the force is applied to the axle, the section at the top of the gyroscope will try to move to the left, and the section at the bottom of the gyroscope will try to move to the right, as shown. If the gyroscope is not spinning, then the wheel flops over, as shown in the video on the previous page. If the gyroscope is spinning, think about what happens to these two sections of the gyroscope: **Newton's first law of motion** states that a body in motion continues to move at a constant speed along a straight line unless acted upon by an unbalanced force. So the top point on the gyroscope is acted on by the force applied to the axle and begins to move toward the left. It continues trying to move leftward because of Newton's first law of motion, but the gyro's spinning rotates it, like this:

This effect is the cause of precession. The different sections of the gyroscope receive forces at one point but then rotate to new positions! When the section at the top of the gyro rotates 90 degrees to the side, it continues in its desire to move to the left. The same holds true for the section at the bottom -- it rotates 90 degrees to the side and it continues in its desire to move to the right. These forces rotate the wheel in the precession direction. As the identified points continue to rotate 90 more degrees, their original motions are cancelled. So the gyroscope's axle hangs in the air and precesses. When you look at it this way you can see that precession isn't mysterious at all -- it is totally in keeping with the laws of physics!

In an INS, sensors on the gimbals' axles detect when the platform rotates. The INS uses those signals to understand the vehicle's rotations relative to the platform. If you add to the platform a set of three sensitive**accelerometers**, you can tell exactly where the vehicle is heading and how its motion is changing in all three directions. With this information, an airplane's autopilot can keep the plane on course, and a rocket's guidance system can insert the rocket into a desired orbit!

**Uses of Gyroscopes**

The effect of all this is that, once you spin a gyroscope, its axle wants to keep pointing in the same direction. If you mount the gyroscope in a set of **gimbals** so that it can continue pointing in the same direction, it will. This is the basis of the **gyro-compass**.

If you mount two gyroscopes with their axles at right angles to one another on a platform, and place the platform inside a set of gimbals, the platform will remain completely rigid as the gimbals rotate in any way they please. This is this basis of **inertial navigation systems**(INS).

Гироскопы могут быть очень озадачивающими объектами, потому что они перемещаются специфическими способами и даже, кажется, игнорируют силу тяжести. Эти специальные свойства делают ¬gyroscopes чрезвычайно важный во всем с Вашего велосипеда на усовершенствованную навигационную систему на шаттле. Типичный самолет использует приблизительно дюжину гироскопов во всем от его компаса до его автопилота. Российская космическая станция МИР использовала 11 гироскопов, чтобы сохранить ее ориентацию к солнцу, и у Космического телескопа Хабблa есть пакет навигационных гироскопов также. Гироскопические эффекты также центральные к вещам как йо-йо и Летающие тарелки!

Если Вы когда-либо играли с игрушечными гироскопами, Вы знаете, что они могут выполнить все виды интересных приемов. Они могут балансироваться на строке или пальце; они могут сопротивляться движению об оси вращения очень нечетными способами; но самый интересный эффект вызывают прецессией. Это - игнорирующая силу тяжести часть гироскопа. Следующее видео показывает Вам эффекты прецессии, используя велосипедное колесо в качестве гироскопа:

Самый удивительный раздел видео, и также вещь, которая невероятна о гироскопах, являются частью, где гироскопическое велосипедное колесо в состоянии зависнуть в воздухе как это:

Как это может сделать это?

Этот таинственный эффект - прецессия. В общем случае прецессия работает как это: Если у Вас будет вращающийся гироскоп, и Вы пытаетесь повернуть его ось вращения, то гироскоп вместо этого попытается вращаться об оси под прямым углом к Вашей оси силы, как это:

Итак, почему прецессия происходит?

гироскоп вращается на его оси. В рисунке 2 сила применена, чтобы попытаться повернуть ось вращения. В рисунке 3 гироскоп реагирует на входную силу вдоль перпендикуляра оси к входной силе.

Причина прецессии

Почему гироскоп должен вывести на экран это поведение? Это кажется полностью бессмысленным, который велосипедная ось колеса может подвесить в воздухе как этот. Если Вы думаете о том, что фактически происходит с различными разделами гироскопа, как он вращается, однако, Вы видите, что это поведение абсолютно нормально!

Давайте посмотрим на два маленьких раздела гироскопа, поскольку он вращается - вершина и нижняя часть, как это:

Когда сила будет применена к оси, раздел наверху гироскопа попытается переместиться налево, и раздел у основания гироскопа попытается переместиться вправо, как показано. Если гироскоп не вращается, то флопс колеса, как показано в видео на предыдущей странице. Если гироскоп вращается, думайте о том, что происходит с этими двумя разделами гироскопа: первый закон Newton движения утверждает, что тело в движении продолжает перемещаться в постоянную скорость вдоль прямой линии, если не реагируется неуравновешенной силой. Таким образом, главная точка на гироскопе действуется на силой, применялся к оси и начинает перемещаться к левым. Это продолжает пытаться переместиться влево из-за первого закона Newton движения, но вращение гироскопа поворачивает его, как это:

Этот эффект - причина прецессии. Различные разделы гироскопа принимают силы однажды, но тогда вращаются к новым позициям! Когда раздел наверху гироскопа поворачивает 90 градусов стороне, это продолжается в ее желании переместиться налево. То же сохраняется для раздела в нижней части - это поворачивает 90 градусов стороне, и это продолжается в ее желании переместиться вправо. Эти силы поворачивают колесо в направлении прецессии. Поскольку идентифицированные точки продолжают поворачивать еще 90 градусов, их исходные движения отменены. Таким образом, ось гироскопа зависает в воздухе и прецессирует. Когда Вы смотрите на него этот способ, которым Вы видите, что прецессия не таинственная вообще - это полностью в соответствии с законами физики!

В INS датчики на осях карданова подвеса обнаруживают, когда платформа вращается. INS использует те сигналы понять вращения механизма относительно платформы. Если Вы добавляете к платформе ряд трех sensitiveaccelerometers, Вы можете сказать точно, где механизм возглавляет и как его движение изменяется во всех трех направлениях. С этой информацией автопилот самолета может сохранить плоскость на курсе, и система наведения ракеты может вставить ракету на желаемую орбиту!

Использование гироскопов

Эффект всего этого состоит в том, что, как только Вы вращаете гироскоп, его ось хочет продолжить указывать в том же направлении. Если Вы смонтируете гироскоп в ряде карданова подвеса так, чтобы это могло продолжать указывать в том же направлении, то это будет. Это - основание гирокомпаса.

Если Вы смонтируете два гироскопа с их осями под прямым углом друг другу на платформе и поместите платформу в ряде карданова подвеса, то платформа останется абсолютно твердой, поскольку карданов подвес вращается всегда, им нравится. Это - это основание инерционных навигационных систем (INS).