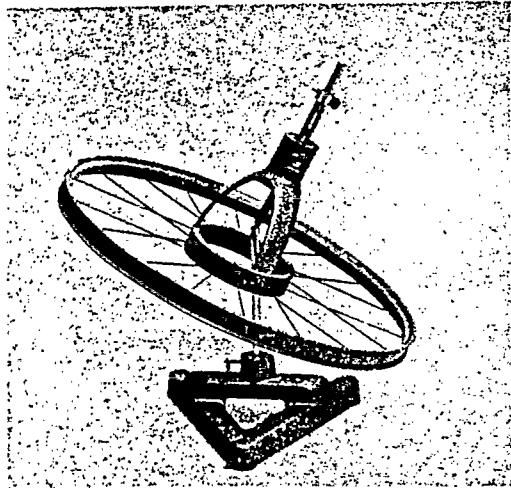


4/1990

**Gebrauchsanweisung
Instruction Sheet
Mode d'emploi**
348 18

Der große Kreisel dient zur Erklärung aller wichtigen Kreiselgesetze und zur Demonstration seiner Drehbewegungen, z. B. Kräftefreier Kreisel.

The large gyroscope is used to study all the fundamental laws of gyroscope action and to demonstrate the rotary motions by means of the gyroscope, e.g. the neutral equilibrium gyroscope.

Le grand gyroscope sert à l'explication de toutes les lois importantes du gyroscope et à l'interprétation des mouvements rotatifs sur le gyroscope (p. ex. le gyroscope sollicités par aucune force).

Literatur:
Versuchsbeschreibungen zum Hauptkatalog Physikversuche "Mechanik" (599 811)
Versuchsbeschreibungen 1987 (599 891)

Literature:
New Physics Leaflets for Colleges and Universities, Vol. 1 (599 952)

1. Beschreibung

Der große Kreisel ist ein radförmiger Körper von kleinem Gewicht aber großem Trägheitsmoment mit einer korbförmig erweiterten Nabe, die ein Kugellager trägt. Durch diese Konstruktion ist erreicht, daß der Schwerpunkt des Kreisels zugänglich ist. Der Kreisel kann oberhalb, im und auch unterhalb des Schwerpunktes unterstützt werden. Nur mit einer solchen Verstellbarkeit des Unterstützungs-punktes kann ein Kreisel für die Demonstration aller wichtigen Kreiselgesetze verwendet werden.

1. Description

This gyroscope is shaped like a bicycle wheel with spokes. It has a small weight, but a large moment of inertia. The hub has the shape of a bee-hive and is provided with a ball-bearing. This contraption leaves the centre of gravity of the gyroscope accessible, and the gyroscope can be supported above, at, and below its centre of gravity. Only a gyroscope in which the point of support can be varied in this manner will permit a demonstration of all the fundamental laws of gyroscopic action.

1. Description

Notre appareil est constitué par une roue, dont le poids est faible, mais le moment d'inertie assez grand. Le moyeu de cette roue, qui ressemble fort à une simple roue de bicyclette, s'évase en entonnoir et renferme un roulement à billes. Grâce à ce dispositif, on peut déplacer le centre de gravité du gyroscope. Le gyroscope peut reposer sur un point d'appui se trouvant au-dessus ou au-dessous de son centre de gravité ou encore coïncidant avec lui: seule cette possibilité de déplacer le point d'appui rend un gyroscope utilisable pour mettre en évidence les principales lois gyroscopiques.

Dem Kreisel wird eine Stange von 50 cm Länge zur Durchführung von Versuchen beigegeben, bei denen der Kreisel mit der Hand gehalten werden soll. Eine kurze Stange mit Spitze kann anstelle dieser langen Stange in das Kugellager des Kreisels eingeschoben und mit der seitlichen Rändelschraube festgeklemmt werden. Eine weitere kurze Stange mit Pfanne, in

A rod of 50 cm length is supplied with the gyroscope for performing experiments in which the gyroscope is held by hand. In place of this long rod, a short rod with pointed end can be introduced into the ball-bearing of the gyroscope and fastened by means of the lateral thumb screw. Another short rod with a cup on top can be clamped in the large tripod stand supplied with

L'appareil est livré avec une tige de 50 cm pour exécuter des expériences avec le gyroscope tenu à la main. Cette tige peut être remplacée par une autre plus courte terminée en pointe à une extrémité et coulissant librement dans le moyeu, dans lequel elle peut être immobilisée à la hauteur désirée par une vis radiale à tête moletée. Une troisième tige,

dem ebenfalls mitgelieferten großen Stativfuß eingespannt, dient als Lager für den Kreisel.

Um Versuche mit verschiedener Lage des Unterstützungs punktes zum Schwerpunkt bei laufendem Kreisel ausführen zu können, ist die in das Kugellager eingespannte Stange durch Lösen der Rändelschraube in ihrer Längsrichtung verschiebbar. Die normalerweise um die Spitze erfolgende Rotation wird während einer solchen Verstellung durch eine Drehung um das Kugellager mit fast gleich geringer Reibung übernommen.

the apparatus and will then provide a support for the gyroscope.

The rod fastened in the ball-bearing may be displaced in the longitudinal direction by loosening the thumb screw. Thus experiments may be carried out at different positions of the point of support relative to the centre of gravity, and it is even possible to make such changes while the gyroscope is in rotation. When the gyroscope is supported at its centre of gravity, it will rotate about the pointed end of the short rod; in all other cases it will rotate about the ball-bearing, at almost equally small friction.

courte également et pourvue à une extrémité d'un évidement en cuvette, jouant le rôle de crapaudine, est montée dans le robuste pied en V, fourni comme les deux autres tiges avec le gyroscope. La crapaudine de cette troisième tige est destinée à recevoir la pointe-pivot de la tige, servant d'axe au gyroscope.

Pour faire des expériences avec diverses positions de point d'appui par rapport au centre de gravité, il suffit de faire coulisser — après avoir desserré la vis radiale à tête moletée, — gyroscope en marche, la tige-pivot dans le moyeu. Dans une telle expérience, le frottement résultant normalement de la rotation autour de la pointe est presque négligeable, puisqu'il n'intéresse que le roulement à billes.

2. Inbetriebnahme

Zur Inbetriebnahme des großen Kreisels genügt es, den Kreisel an einer in das Kugellager gesteckten Stange fest in die linke Hand zu nehmen und ihm mit der rechten Hand einen kurzen kräftigen Drehimpuls durch Anwerfen an einer Speiche zu erteilen. Will man den Kreisel beispielsweise mit der Stange mit Spitze laufend auf die im Stativfuß eingesetzte Stange mit Pfanne aufsetzen, so fasst man den Kreisel oberhalb des Kugellagers an dem herausragenden Ende der Stange mit Spitze mit der linken Hand, werfe ihn, wie beschrieben, mit der rechten an und setze ihn laufend auf die Pfanne auf, was man nach wenigen Übungen leicht beherrscht.

Darüber hinaus kann der Kreisel bei festgehaltener waagerecht liegender Achse durch Aufwickeln von Schnur (z. B. Angelschnur 309 48) an Stellen von verschiedenen Durchmessern durch konstante Drehmomente bewegt werden, indem man verschiedene Lasten an die Schnur hängt.

2. Operation

The gyroscope is very easy to start: it should be firmly held in the left hand by a rod inserted into the ball-bearing, and given a brief, but large angular momentum by a forceful push against one of the spokes with the right. Suppose, for example, the experimenter wishes to arrange the spinning gyroscope on the rod with cup in the tripod stand. He should then insert the pointed rod, hold the gyroscope in the left by the part of the rod that protrudes above the ball-bearing, start the gyroscope with the right as described above, and set the point on the cup. This will not be found difficult after practising a few times.

Beyond this, the gyroscope can be operated by constant angular momentums at places of different diameters, while the axis is positioned horizontally and fastened by a wound-up cord (e.g. fishing line 309 48). This can be accomplished by suspending a few loads at the line.

2. Lancement du gyroscope

Pour les démonstrations, on lance d'abord le gyroscope en le tenant de la main gauche par la partie supérieure de la tige-pivot et en tirant puissamment avec la main droite sur un des rayons. On n'a plus ensuite qu'à poser la pointe dans la crapaudine de la tige-support dressée sur le pied, ce qu'on réussira facilement après quelque exercice.

3. Versuche

Versuche am kräftefreien Kreisel

Man klemmt die Stange mit Spitze in dem Kugellager so fest ein, daß die auf der Stange angebrachte Ringmarke gerade oberhalb des oberen Randes des Kugellagers sitzt. Dann fällt der Schwerpunkt des Kreisels mit dem Unterstützungs punkt zusammen, der Kreisel befindet sich im indifferenten Gleichgewicht, wovon man sich durch Aufsetzen des nicht rotierenden Kreisels auf die Pfanne, ggf. nach kleinen Korrekturen, überzeugt. Bei dieser Einstellung bleibt die Achse des angeworfenen Kreisels, wenn beim Aufsetzen auf die Pfanne kein zusätzlicher Drehimpuls erteilt wird, völlig ruhig im Raum stehen, denn auf den Kreisel wird keinerlei Kraft ausgeübt.

3. Experiments

Experiments in which the gyroscope is in neutral equilibrium

Fasten the pointed rod in the ball-bearing in a position where the annular mark on the rod is just above the upper edge of the ball-bearing. In that case, the gyroscope will be supported at its exact centre of gravity, and will therefore be in neutral equilibrium. This can be shown by placing the non-rotating gyroscope on the cup, making minor corrections if necessary. At this adjustment the axis of the spinning gyroscope will remain stationary in space if no additional angular momentum is acting on it, which might have been produced on adapting it on the cup, and the resultant torque on the gyroscope will be zero.

3. Expériences

Expériences avec le gyroscope sollicité par aucune force

Monter la tige-pivot en la fixant de façon que la marque circulaire arrive juste au-dessus du bord supérieur du moyeu. Dans cette position, le centre de gravité du gyroscope coïncide avec le point d'appui, c.-à-d. que l'appareil doit se trouver en équilibre indifférent, ce dont on peut se convaincre, après quelques légères corrections, en plaçant l'appareil, non animé d'un mouvement de rotation, sur la crapaudine de la tige-support. Dans ce réglage, l'axe du gyroscope animé d'un moment de rotation reste, lorsqu'on ne lui donne aucune impulsion rotatoire supplémentaire en le plaçant sur la crapaudine, absolument au repos dans l'espace, du fait qu'aucune force ne s'exerce sur lui.

Erreicht man dem ruhig drehenden Kreisel durch einen Stoß gegen seine „Figurenachse“ (das ist die Achse des größten Trägheitsmomentes, also die in das Kugellager hineingesteckte Stange) einen weiteren Drehimpuls, so führt der Kreisel eine zusätzliche Drehbewegung, „Nutation“ genannt, aus. Man kann bei dieser Bewegung zeigen, daß sich die Figurenachse und die „momentane Drehachse“ (das ist die Achse, um die sich der Kreisel in einem Augenblick gerade dreht) um die „Drehimpulsachse“ (das ist die Richtung des Drehimpulses) drehen. Klebt man auf die obere Ebene des Kugellagers bedrucktes Zeitungspapier, so kann man die momentane Drehachse oder die Drehimpulsachse sichtbar machen. Der Durchstoßpunkt der momentanen Drehachse ist daran erkennbar, daß dort die einzelnen Druckzeichen sichtbar werden, während sie sonst mit dem umgebenden Weiß des Papiers zu einem Grauton zusammenfließen. Die momentane Drehachse wandert auf einem Kreis um die Drehimpulsachse, die raumfest ist, herum.

If a gyroscope that rotates steadily is given an additional angular momentum by pushing against its "axis of symmetry" (that is the axis about which the moment of inertia of the gyroscope is greatest; it corresponds to the rod inserted into the ball-bearing in this example) it will perform an additional rotary motion called "nutation". In the case of this motion it is possible to show that the axis of symmetry and the "instantaneous axis of spin" (that is the axis about which the gyroscope happens to rotate at any given moment) both revolve about the "angular momentum axis" (that is the direction of the angular momentum vector). If printed newspaper is glued on the top side of the ball-bearing, the instantaneous axis of spin or the angular momentum vector can be made visible, respectively. At the point of intersection of the instantaneous axis of spin, individual letters will be seen, but everywhere else they will merge with the white of the paper to a uniform grey. The instantaneous axis of spin migrates in a circle around the angular momentum vector.

Si l'on donne maintenant une poussée à l'axe du gyroscope reposant sur la crapaudine et tournant tranquillement autour de son «axe de figure» (ou axe du moment maximum d'inertie, donc la tige traversant le moyeu), cette poussée imprime au gyroscope une autre quantité de mouvement angulaire, qui lui fait exécuter un mouvement tournant supplémentaire, dit de «nutation». Ce mouvement permet de montrer que l'axe de figure et l'axe de rotation instantané (c.-à-d. l'axe autour duquel le gyroscope tourne durant un moment quelconque) tournent autour de l'axe d'impulsion rotatoire (c.-à-d. la direction de la quantité de mouvement angulaire). Si l'on fixe, p. ex. sur le flasque supérieur du moyeu, un disque de papier ou de carton, sur lequel on colle du papier de journal, on peut observer l'axe de rotation instantané ou celui de l'impulsion rotatoire. On peut reconnaître le point de percée de l'axe de rotation instantané au fait que l'on peut distinguer les divers caractères d'imprimerie, tandis qu'ils se fondent ailleurs en un ton gris avec le blanc du papier les entourant. L'axe de rotation instantané se déplace sur un cercle autour de l'axe de l'impulsion rotatoire.

Kreisel unter Einwirkung von Drehmomenten

Beginnt man wiederum mit dem sich kräftefrei und ohne Nutation drehenden Kreisel, so kann man zeigen, daß jedes senkrecht auf die Drehachse ausgeübte Drehmoment ein senkrechtes Ausweichen der Drehachse bewirkt. Will man also solche Drehmomente auf den Kreisel dauernd wirken lassen, so benutzt man am einfachsten als Kraft das Gewicht des Kreisels selber und als Hebelarm eine kleine Verstellung des Unterstützungs-punktes vom Schwerpunkt: Während der Drehung des Kreisels faßt man die obere Rändelschraube des Kugellagers und senkt oder hebt den Kreisel etwas aus seiner bisherigen Lage zum Schwerpunkt. Man kann es leicht so einrichten, daß sich dann der Kreisel praktisch nutationsfrei bewegt. Er macht wiederum Drehbewegungen auf einem Kegelmantel, die „Präzessionsbewegung“.

Je schneller die Umdrehung des Kreisels ist, desto langsamere Präzessionsbewegungen vollführt der Kreisel, weil die Winkelgeschwindigkeit der Präzession umgekehrt proportional zur Winkelgeschwindigkeit der Kreiselbewegung ist. Die Winkelgeschwindigkeit der Präzession ist ferner dem wirkenden Drehmoment proportional, was man durch mehrfaches Verstellen des Unterstützungs-punktes zeigen kann. Auch die Drehrichtung der Prä-

Experiments in which an external force is acting on the gyroscope

Starting with the gyroscope in neutral equilibrium spinning without nutation it can be shown that any force acting at right angles to the axis of spin will cause this latter to move in the direction of the third coordinate. The easiest way of letting a permanent force of this kind act upon the gyroscope is to use the weight of the gyroscope as force and produce a moment arm by slightly displacing the point of support from the centre of gravity. To this end the upper thumb screw of the ball-bearing should be gripped while the gyroscope is spinning, and the gyroscope should be lifted or lowered somewhat to shift its point of support from the centre of gravity. A position is easy to find at which the gyroscope moves practically nutationless. It will then perform rotary motions on a cone-shaped shell, which are called precession.

The faster the gyroscope is spinning, the slower will be its precessional motion, the angular velocity of the precession being inversely proportional to the angular velocity of the rotary motion of the gyroscope. Moreover the angular velocity of the precession is proportional to the moment of the applied force, as can be shown by repeatedly varying the point of support of the gyroscope. The precessional direction will be

Expériences avec le gyroscope influencé par des moments de couple

Si l'on recommence l'expérience avec le gyroscope, tournant cette fois sans être influencé par une force quelconque et sans nutation, on peut alors montrer que tout couple exercé verticalement produit une déviation verticale de l'axe de rotation. Si l'on veut que de tels couples s'exercent en permanence sur le gyroscope, le plus simple est d'utiliser comme force le poids du gyroscope lui-même et comme bras de levier un petit déplacement du point d'appui, de façon qu'il ne coïncide plus avec le centre de gravité; il suffit pour cela d'opérer comme suit: on desserre, gyroscope tournant, la vis moletée d'arrêt du moyeu et fait coulisser, dans un sens ou l'autre, la tige-pivot. Il est facile de régler le gyroscope de façon qu'il tourne pratiquement sans nutation. Il exécute de nouveau des mouvements de rotation sur une surface conique: c'est «la précession».

Plus il tourne vite, plus les mouvements de précession sont lents, parce que la vitesse angulaire de la précession est inversement proportionnelle à celle du mouvement de rotation. La vitesse angulaire de la précession est en outre proportionnelle au moment de couple agissant, ce qu'on peut vérifier en déplaçant à diverses reprises le point d'appui. Le sens de rotation de la précession varie également chaque fois que le point

zession wird geändert, wenn man den Unterstützungs punkt des Kreisels durch Verschieben der Stange mit Spitze durch den Schwerpunkt hindurchschiebt. Man kann die zu erwartende Drehrichtung der Präzession schon beim im Schwerpunkt aufgehängten Kreisel zeigen, wenn man mit einer Stange entsprechende Drehmomente von Hand aus anbringt.

Ein nicht im Schwerpunkt aufgehängter Kreisel kann gleichzeitig Nutations und Präzessions ausführen, so daß sehr komplizierte Bewegungsformen auftreten können.

Weitere Kreisel-Versuche

Steckt man den 50-cm-Stab in den Kreisel, so kann man weitere, sehr wichtige Versuche durchführen. Man versäume nicht, den angeworfenen Kreisel den Schülern in die Hände zu geben, damit sie durch das Kraftgefühl unmittelbar die senkrechte Ausweichbewegung des Kreisels gegen Drehmomente spüren können.

In Verbindung mit der Drehscheibe (331 66) läßt sich sehr eindrucksvoll der Satz von der Erhaltung des Drehimpulses zeigen. Stellt oder setzt (Schemel 331 69) man sich auf die Drehscheibe mit kräftig angeworfenem Kreisel und senkrecht gehaltener Achse, so liefert das Umdrehen des Kreisels um 180° einen Drehimpuls auf die Drehscheibe. Dieser vom Kreisel vermittelte Drehimpuls ist doppelt so groß wie der beim Abbremsen des senkrecht gehaltenen Kreisels entstehende.

Auch zur Demonstration des Kreiselkompasses kann der große Kreisel benutzt werden: Nimmt man den kräftig angeworfenen Kreisel möglichst nahe an dem Schwerpunkt fassend in die Hand, so versucht der Kreisel sich mit seiner Drehachse senkrecht zu stellen, wenn man sich selbst möglichst gleichmäßig herumdreht. Auch dieser Versuch wird am besten mit der Drehscheibe (331 66) vorgeführt. Dann übernimmt der Drehschemel in diesem Modell die Rolle der sich drehenden Erde.

inversed if the point of support of the gyroscope is moved from one side of the centre of gravity of the gyroscope to the other by shifting the pointed rod. The presumable direction of the precession can even be shown on a gyroscope supported at its centre of gravity if a rod is used to impart suitable angular momentums to it by hand.

A gyroscope not supported at its centre of gravity can perform nutational and precessional motions at the same time, so that very complex motions may result.

Other gyroscope experiments

If the 50 cm long rod is inserted into the gyroscope, other very important experiments can be conducted. Do not fail to hand the spinning gyroscope to students so that they may feel and experience for themselves the tendency of the gyroscope to "give way" in a direction normal to the applied force.

In conjunction with the rotatable disc (331 66) the theorem of the conservation of angular momentum can be verified in a very impressive manner. Standing or sitting (stool 331 69) on the rotating disc and holding the rapidly rotating gyroscope so that its axis of spin is vertical, then turning the gyroscope through 180°, an angular momentum will be transferred to the rotatable disc which will be twice as large as the one produced when stopping the gyroscope when its axis is vertical.

The large gyroscope can also be used to demonstrate the action of a gyrocompass. The gyroscope should be started in rapid rotation and then held by hand, as close to the centre of gravity as possible. The gyroscope will then tend to bring its axis of spin in a vertical position if oneself is turning as evenly as possible. This experiment is also preferably performed with the rotatable disc (331 66). In this model the rotating stool would correspond to the rotating earth.

d'appui passe d'un côté ou de l'autre du centre de gravité, et cela en faisant coulisser la tige-pivot vers le haut ou vers le bas. On peut prévoir le sens de rotation de la précession du gyroscope en lui appliquant avec une tige des moments de couple correspondants.

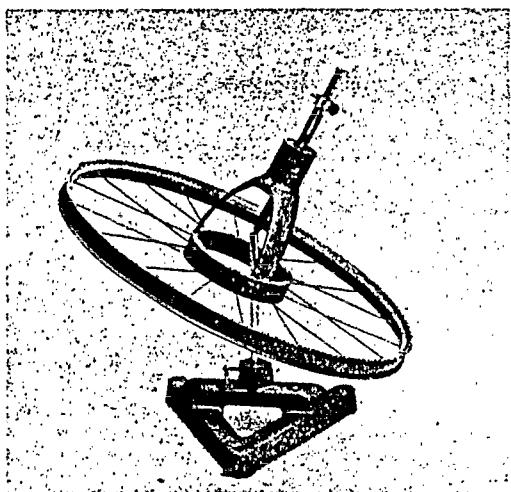
Un gyroscope ne reposant pas exactement sur son centre de gravité peut exécuter en même temps des nutations et des précessions, c.-à-d. produire des formes de mouvement très compliquées.

Autres expériences

Si l'on monte le gyroscope sur la tige de 50 cm, on peut réaliser une série d'autres expériences très importantes. On ne manquera pas de mettre le gyroscope en mouvement dans la main des élèves, afin qu'ils se rendent compte directement de la force exercée par l'appareil pour conserver sa position verticale, c.-à-d. pour s'opposer à tout moment de couple.

En combinaison avec le plateau tournant (331 66), on peut démontrer, de façon suggestive, le principe de la conservation de la quantité de mouvement de rotation. Si l'on s'assied sur le tabouret (331 69) placé sur le plateau tournant et si l'on prend, en le tenant verticalement par son axe, le gyroscope animé d'un mouvement rapide de rotation, rien ne se passe; mais si l'on tourne le gyroscope de 180°, le plateau reçoit une quantité de mouvement de rotation, et se met à tourner. Cette quantité de mouvement de rotation, fournie par le gyroscope, est deux fois plus grande que celle qu'il produit freiné en position verticale.

On peut encore employer l'appareil pour montrer le principe du gyrocompas. On saisit le gyroscope animé d'un mouvement rapide de rotation aussi près que possible du centre de gravité: le gyroscope tend alors de se placer perpendiculairement à son axe de rotation si l'on se tourne soi-même d'une façon aussi uniforme que possible. Cette expérience se fait également de préférence avec le plateau tournant (331 66). Dans cette expérience, le plateau joue le rôle de la terre tournant sur elle-même.



Giróscopo grande

El giróscopo grande sirve para explicar todas las leyes principales del giróscopo y para la demostración de sus movimientos rotatorios.

Literatura:

Nuevas Hojas de Física para Escuelas Técnicas y Universidad, Volumen 1 (599 956)

Para poder efectuar experimentos con distintos puntos de apoyo relativos al centro de gravedad durante la rotación del giróscopo, es posible desplazar la varilla fijada en el cojinete de esferas en sentido longitudinal, aflojando el tornillo moleteado. Durante este desplazamiento, el giróscopo que normalmente gira sobre su punta, lo hace casi sin aumento de rozamiento alrededor del cojinete de esferas.

3. Experimentos

Experimentos con el giróscopo libre de fuerzas

Se sujetla la varilla con punta de tal modo en el cojinete de esferas que la marca circular de la varilla se encuentre apenas encima del borde superior del cojinete. Entonces debe coincidir el centro de gravedad del giróscopo con el punto de apoyo, es decir que el giroscopo debe encontrarse en equilibrio indiferente, lo que se controla colocando el conjunto sobre la cavidad. Es posible que sean necesarias algunas pequeñas correcciones. Con este ajuste el eje del giróscopo permanece en rotación completamente sereno en el espacio, ya que sobre el giróscopo no actúa fuerza alguna, siempre que no se le haya imprimido un impulso de rotación adicional durante su colocación sobre la cavidad.

2. Empleo

Para accionar el giróscopo grande es suficiente sujetarlo con la mano izquierda en la varilla colocada en el interior del cojinete e impulsarlo con la mano derecha en uno de los rayos. Si se desea colocar el giróscopo en movimiento con la varilla con punta sobre la varilla con cavidad fijada sobre el pie, se toma el giróscopo con la mano izquierda en el extremo sobresaliente de la varilla con punta, encima del cojinete de esferas, se lo impulsa en la forma descrita con la mano derecha y se lo coloca en movimiento sobre la cavidad. Esta operación podrá efectuarse después de algunos pocos intentos sin dificultad.

Sujetando el giróscopo con el eje en posición horizontal, pueden imponerse además movimientos por momentos de giro constantes arrollándole un hilo (p. ej. hilo de pescar 309 48) en varios lugares de diámetro diferente y colgando del hilo cargas diferentes.

Si se aplica al giróscopo en sereno movimiento mediante un golpe adicional contra su «eje de figura» (o sea el eje del mayor momento de inercia, es decir la varilla que pasa por el eje del cojinete de esferas) otro impulso de rotación, el giróscopo realiza un movimiento de rotación adicional llamado «nutación». Con este movimiento puede mostrarse que el eje de figura y el «eje de rotación momentáneo» (este es el eje alrededor del cual gira el giróscopo en un instante) giran alrededor del «eje del impulso de rotación» (esto es la dirección del impulso de rotación). El eje de rotación momentáneo o el eje del impulso

de rotación puede observarse si se coloca encima de la superficie superior del cojínete de esferas un disco imprimido, por ejemplo pegado con papel de diario. El punto por el cual pasa el eje de rotación momentáneo se distingue ya que en su lugar pueden reconocerse las distintas letras impresas sobre el papel, mientras que las restantes letras toman con el color blanco circundante un tono gris.

Giróscopo bajo la influencia de momentos de giro

Si se comienza nuevamente con el giróscopo en movimiento libre de fuerzas y sin nutación, puede mostrarse que cada momento de giro imprimido perpendicularmente al eje de rotación ocasiona una desviación perpendicular de éste. En el caso de darse que tales momentos de giro actúen continuamente sobre el giróscopo, se emplea simplemente como fuerza el peso propio del giróscopo, y como brazo de palanca una pequeña variación del punto de apoyo con respecto al centro de gravedad: durante la rotación del mismo se sube o baja el aro con ayuda del tornillo moleteado superior en el cojínete de esferas variando algo su posición con relación al centro de gravedad. Se puede hacer ésto en tal forma, que el giróscopo prosiga en su movimiento prácticamente sin nutación. Nuevamente realiza movimientos giratorios alrededor de la superficie lateral de un cono, denominado «movimiento de precesión».

Cuanto mayor es el movimiento giratorio del giróscopo, más lentos son los movimientos de precesión de éste, ya que la velocidad angular de la precesión es inversamente proporcional a la velocidad angular del movimiento del giróscopo. Además la precesión es proporcional al momento de giro actuante, lo cual puede apreciarse variando repetidas veces la posición del punto de apoyo con respecto al centro de gravedad. Desplazando la varilla con punta, también cambia el sentido del giro de la precesión, cuando pasa el punto de apoyo a través del centro de gravedad del giróscopo. La dirección de giro ya puede determinarse con el giróscopo suspendido en su centro de gravedad. Para ello se aplican los momentos de giro correspondientes mediante una varilla con la mano.

Un giróscopo no suspendido en su centro de gravedad puede realizar simultáneamente nutaciones y precesiones, con lo que se obtienen formas de movimiento sumamente complicadas.

En combinación con el disco rotatorio (331 66) es posible demostrar en forma impresionante la ley de la conservación del impulso de rotación. Parado o sentado (banqueta 331 69) sobre el disco rotatorio, se sujetó el eje del giróscopo fuertemente impulsado en posición vertical. Al girar el giróscopo en 180° transmite un impulso al disco rotatorio. Este impulso es igual al doble del impulso causado al frenar el giróscopo sostenido verticalmente.

El giróscopo igualmente puede utilizarse para la demostración del compás giroscópico. Para ello se toma el giróscopo fuertemente impulsado lo más cerca posible de su centro de gravedad con la mano y se gira con él lo más uniformemente posible. El giróscopo trata entonces de colocarse con su eje de rotación en posición vertical. También este experimento se realiza convenientemente con el disco rotatorio (331 66). En este caso desempeña la banqueta giratoria la función de la tierra en rotación.

Otros experimentos

Mediante el empleo de la varilla de 50 cm de longitud, es posible ejecutar otros experimentos de gran importancia. Es conveniente dejar sostener a los alumnos el giróscopo en movimiento, para que de esta manera puedan apreciar inmediatamente en sí mismos el movimiento de desviación perpendicular del giróscopo ante los momentos de giro.