

Gyroskopy

L. Hájek*, T. Hambálek**

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, Břehová 7, 115 19 Praha 1

*hajeklu2@fjfi.cvut.cz, **Tomas.Hambalek@seznam.cz

Abstrakt

V naší prezentaci jsme popsali a ukázali, jak fungují gyroskopy. Svá tvrzení jsme matematicky podložili a prakticky demonstrovali.

1 Úvod

Gyroskop je v lidské historii poměrně nové zařízení. Principiálně byl znám teprve na počátku 18. století a roku 1852 se teprve dostal do širšího povědomí díky Leonu Foucaltovi, který na něm demonstroval rotaci zemské osy a dal mu i jeho dnešní jméno. Brzy se však ukázalo, že gyroskopy lze využít i k mnoha praktickým činnostem. V současnosti tedy tato zařízení nalézají uplatnění téměř ve všech oborech.

2 Co je to gyroskop

Obecně je gyroskop volný rotační setrvačnick. Nemusí se však nutně jednat o žádné složité zařízení – gyroskopem můžeme nazvat jakékoliv těleso, které má tendenci zachovat svou osu rotace díky svému momentu setrvačnosti. Tomuto jevu se říká gyroskopický efekt a dochází k němu hlavně v případech, kdy je hmotnost setrvačnicku soustředěná po obvodu. Gyroskopem pak může být například i obyčejné kolo od bicyklu, motorky či jiného dopravního prostředku.

K dalším charakteristikám gyroskopu patří nízké energetické ztráty, tedy co nejmenší vliv tření, a dále u něj lze aplikovat všechny nám již známé poznatky z mechaniky tuhého tělesa. To, jak víme, má šest stupňů volnosti (pokud pro zjednodušení předpokládáme, že je tuhé absolutně) – tři translační a tři rotační.

V praxi však může být vliv translačních pohybů nežádoucí. Proto se používá tzv. Cardanova závěs (Obr. 1). V něm je gyroskop pevně uchycen ve třech na sebe kolmých osách. Takový gyroskop se nazývá třístupňový. V některých případech se používá i jeho dvoustupňová varianta, u které vnější osa chybí (má tedy pouze dva stupně volnosti).



Obr. 1. [5]: Cardanův závěs

3 Matematický popis

Díky tomu, že má rotační setrvačnick tendenci dostat se do místa, kde je moment setrvačnosti největší, je gyroskop také schopen určit svou orientaci v prostoru. Pro připomenutí si uveďme alespoň některé základní vztahy pro popis rotačního pohybu. Tím

prvním je moment hybnosti, který je roven vektorovému součinu vzdálenosti od středu (polohový vektor $\vec{r}$) a hybnosti ($\vec{p}$):

$$L = \vec{r} \times \vec{p}.$$

Po derivaci dostáváme moment síly ($\vec{F}$ je síla působící v bodě určeném polohovým vektorem $\vec{r}$):

$$N = \vec{r} \times \vec{F}.$$

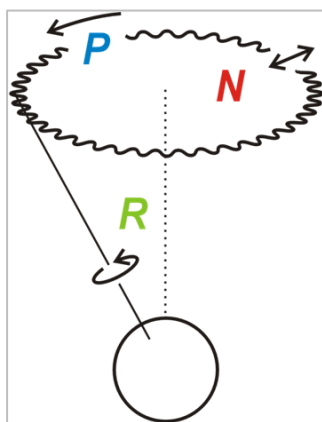
Nesmíme zapomenout ani na moment setrvačnosti. Pro rotaci vzhledem k ose dokonale homogenní velmi tenké obruče bychom jej teoreticky mohli vypočítat jako skalární součin celkové hmotnosti rotujícího tělesa (označme M) a druhé mocniny vzdálenosti hmoty od osy (označme R):

$$I = M \cdot R^2.$$

Moment setrvačnosti však obecně závisí na rozložení hmoty, jedná se tedy o tenzor. Navíc musíme jednotlivé hodnoty přepočítat pro různá tělesa (pokud bychom například místo obruče použili válec, bude moment setrvačnosti poloviční). V praxi se také setkáváme často s případy, kdy osa momentu setrvačnosti neprotíná těžiště. V takovém případě musíme použít Steinerovu větu, která říká, že stačí pouze sečíst moment setrvačnosti vzhledem k ose procházející těžištěm (označme I_0) a součin hmotnosti rotujícího tělesa (M) a druhé mocniny nejkratší vzdálenosti jeho osy rotace od oné osy procházející těžištěm (označme a):

$$I = I_0 + M \cdot a^2.$$

4 Precese a nutace



Rotační pohyb není tak dokonalý, jak by se mohlo zdát. Osa rotace se totiž sama posouvá kolem nehybného směru v prostoru. Dokonce ani naše planeta Země se těmito odchylkám nevyhne. Osa rotace pak opisuje dráhu kužele (u Země to trvá téměř 26 000 let – toto období nazýváme Platónský rok). Tomuto jevu říkáme precese.

Při důkladném studiu rotačního pohybu gyroskopů však dochází ještě k jednomu jevu – nutaci. Ta způsobuje odchylky od kuželové dráhy precesního pohybu (například výchylky kolmo k tečně našeho kužele).

Obr. 2. [5]: Precese (P) a nutace (N) vzhledem k ose rotace (R)

5 Závěr

Gyroskopy jsou důležitá zařízení nalézající svá uplatnění např. v dopravě a letectví (pro navigační zařízení, gyrokompas, umělé horizonty, motory letadel a helikoptér aj.), vojenství (při navádění raket, vyrovnávání těžkých děl, usnadnění zaměřování apod.), astronomii (přístroje pro stabilizaci umělých družic), geodézii (gyroteodolity) či zábavní technice (Powerball, iPhone), a to díky své schopnosti určit svou orientaci v prostoru a udržení roviny rotace.

Reference

- [1] I. Štoll, *Mechanika*, České vysoké učení technické, Praha (2003) 157-186
- [2] kol. autorů, *Technický slovník naučný*, Encyklopedický dům, Praha (2005)
- [3] V. Svoboda a V. Kusý, *Dynamika rotačního pohybu*,
<http://praktika.fjfi.cvut.cz/RotacniPohyb>
- [4] kol. autorů, *Port*,
<http://www.ceskatelevize.cz/ivysilani/209572241900028-port/obsah/90304-kouzlo-gyroskopu>
- [5] kol. autorů, *Gyroscope*, <http://commons.wikimedia.org/wiki/Gyroscope>