

Rotační pohyb-GYROSKOP

Darina Ornová (darinka.lorinka@centrum.cz)

Helena Maňáková (helena.manakova@post.cz)

Abstrakt:

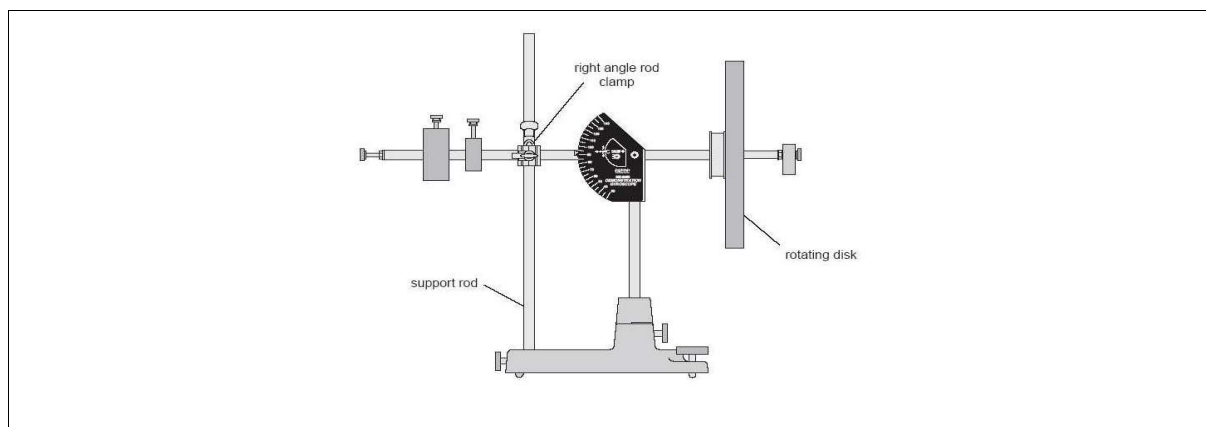
Cílem našeho projektu je objasnit, co je to gyroskop, kde se s ním můžeme setkat a pomocí experimentů jsme se snažily ověřit základní charakteristiky precesního a nutačního pohybu.

1 Úvod

Gyroskop je vlastně setrvačník, těžké kolo otáčející se v ložiscích s nepatrným třením. Otáčející se setrvačník má moment hybnosti, takže jeho osa bez působení vnějších sil udržuje stále stejný směr-je to tedy zařízení, které dokáže určit svoji orientaci v prostoru (obvykle je setrvačník uložen v tzv. Cardanových závěsech, má tzv. 3 stupně volnosti). Pro tuto vlastnost je hojně využíván např. v letectví (tzv. umělý horizont), dále jako gyromouse, spaceball atd.

Pokud se v gravitačním poli zavěsí gyroskop na lanko a roztočí, osa otáčení se změní do pravého úhlu k závěsu a gyroskop se otáčí podél osy shodné se směrem působení gravitační síly (každé rotující těleso má snahu dostat se do polohy s největším momentem setrvačnosti, což je v případě rotujícího válce, resp. tenké kruhové desky rotace kolem osy kolmé k ose válce). Tento typ pohybu se nazývá precese. Čím větší je setrvačník a čím rychleji jej roztočíme, tím je precese výraznější.

Při práci na našem projektu jsme měly k dispozici laboratorní gyroskop se dvěma stupni volnosti (tzn. hřídel, na které je upevněný disk je ještě upevněna na svislé ose, kolem které může probíhat precesní pohyb-viz. obr. 1). Na začátku každého experimentu je třeba vyvážit disk na hřídeli pomocí dvou závaží a precesní pohyb probíhá po přidání malého závaží před disk-to totiž způsobí potřebný krouticí moment.



OBR. 1

Základní vztahy popisující pohyb gyroskopu-tedy velikost kroutícího momentu τ způsobujícího precesi a úhlová rychlost Ω precesního pohybu jsou následující:

$$\tau = mgd = dL/dt; \quad (1)$$

kde $\underline{d}$ je vzdálenost závaží od osy otáčení, $\underline{L}$ je moment hybnosti disku a pro malé změny úhlu otáčení Φ platí:

$$dL = L \cdot d\Phi;$$

z čehož po dosazení do (1) dostáváme

$$\tau = L \cdot d\Phi/dt;$$

kde $d\Phi/dt$ je úhlová rychlost otáčení Ω . Z toho plyne, že

$$\Omega = mgd/I\omega;$$

kde ω je úhlová rychlost rotace disku.

2 Precese

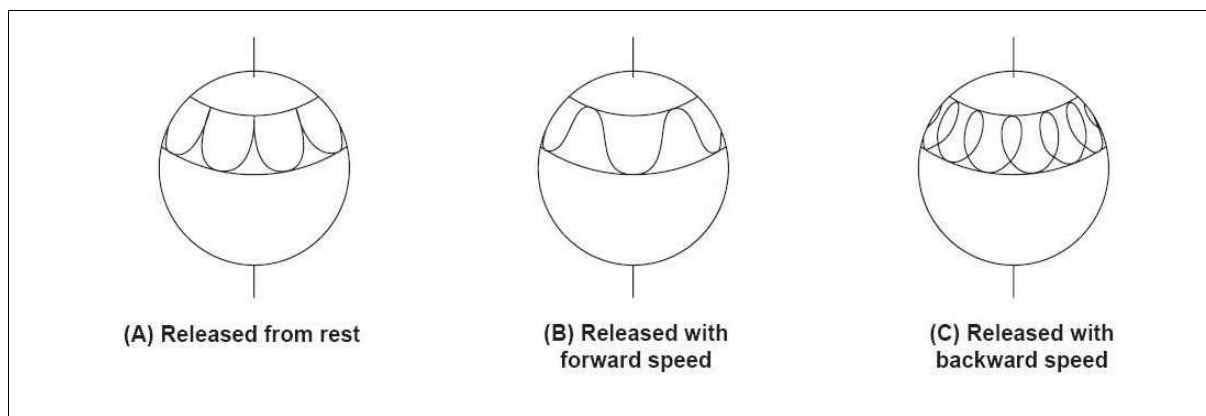
Roztočíme-li disk (vážící 1,75 kg), který je na své hřídeli v rovnováze se závažími, je z úvodu zřejmé, že se s diskem nic neděje-tedy nevzniká precese. Tu lze pozorovat, přidáme-li do vzdálenosti $\underline{d}$ od svislé osy –v našem případě 30g vážící-závaží. Měli bychom pozorovat otáčení pouze ve vodorovné rovině, bohužel vyvážit přesně gyroskop je velmi obtížné, a tak jsme několikrát pozorovaly i jisté výchylky ve svislém směru. Tuto odchylku jsme se snažily potlačit roztočením disku s větší úhlovou rychlostí ω , což se ukázalo jako celkem účinné. Roztočíme-li disk opačným směrem, probíhá precesní pohyb v opačném směru.

Co se stane, upevníme-li na hřídel ještě 2. disk? Čistě teoreticky-roztočíme-li oba stejným směrem, precese vzniká, avšak roztočíme-li je proti sobě, precese nevzniká. Prakticky jsme dosáhly téměř stejné kvality pozorované precese jako s jedním diskem, neboť vyvážení dvou disků je ještě obtížnější.

Další vlastností precese je, že zabráníme-li setrvačníku v tomto pohybu, disk „spadne“-tzn. hřídel s diskem se sklopí dolů. Naopak, když roztočíme svislou osu ještě ve směru otáčení, disk „stoupne vzhůru“. Co z toho plyne? Během precese jsou působící síly v rovnováze a jestliže přidáme nějakou další působící sílu, gyroskop se ji opět snaží vyrovnat.

3 Nutace

Roztočíme-li opět disk s přídatným závažím na hřídeli a navíc ji ještě vychýlíme ve svislém směru o určitý úhel (např. o $\pm 30^\circ$), kromě otáčení ve vodorovné rovině pozorujeme také „kývání“ ve svislém směru (viz. obr. A). Na obrázcích B a C jsou ukázky nutace, kdy kromě vychýlení z vodorovné roviny ještě zvýšíme/snížíme rychlost samotného precesního pohybu.



OBR. A, B, C

4 Shrnutí

Ověřily jsme základní vlastnosti precesního i nutačního pohybu, zejména tu, že čím rychleji roztočíme setrvačnick, tím výraznější je precese.

5 Reference

<http://www.integerspin.co.uk/gyro1.htm>

<http://www.gyroscopes.org/>

<http://www.accs.net/users/cefpearson/gyro.htm>

Instruction Manual and Experiment Guide for the PASCO scientific Model ME-8960