

Gyrotwister – princip a užití

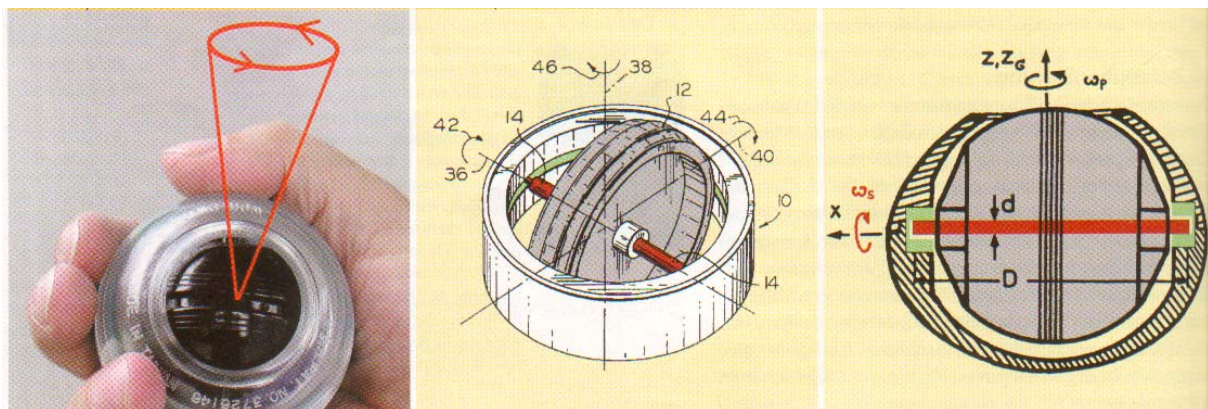
Václav Havel,
katedra obecné fyziky ZČU v Plzni

Před několika lety se na západě začaly v prodejnách sportovních potřeb objevovat zvláštní posilovače rukou. Jsou v prodeji pod názvem „Gyrotwister“, „Dynabee“, „Power ball“ apod. Malý přístroj, připomínající hračku, je založen na dynamické reakci roztočeného setrvačnicku.

Vhodným krouživým pohybem ruky se může počet otáček setrvačnicku zvýšit až na 12 000 ot/min.

Princip tohoto přístroje vychází z amerického patentu, který si podal v roce 1973 Archie L. Mishler . O několik let později našlo toto zařízení cestu do obchodů. Později došlo ke zdokonalení tohoto zařízení. Jedním z nejvýznamnějších doplňků byl malý elektrický generátor, který napájí několik svítivých diod.

Pohled na přístroj a obrázek z patentního spisu vidíme na obr.1.(převzato z [1])



a

b

c

Obr.1

Na obr.1a vidíme celkový pohled na přístroj. Obr.1b ukazuje princip přístroje podle amerického patentu. Vidíme, že setrvačnick je nasazen na delší ose, která se může volně pohybovat v drážce pouzdra. Přístroj v řezu je znázorněn na obr.1c. Vlastní úhlová rychlost setrvačnicku je označena $\vec{\omega}_s$. Vynucená precese vyvolávaná pohybem ruky má úhlovou frekvenci $\vec{\Omega}_p$. Drážka má poněkud větší výšku než je průměr d osy setrvačnicku, jak je dobře vidět z obrázkem 1c.

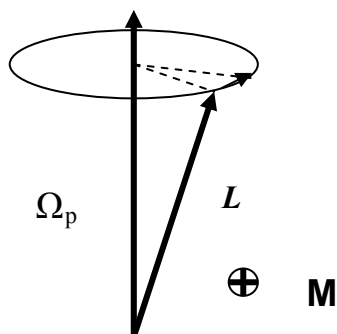
Vysvětlení na základě dynamiky setrvačnicku vychází ze základní pohybové rovnice pro rotaci tuhého tělesa. Podle ní je časová změna momentu hybnosti \vec{L} rovna působícímu výslednému momentu sil [2]:

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{M} \quad (1)$$

Není-li moment síly příliš velký, spočívá odezva setrvačnicku v jeho precesním pohybu, jak je patrné z obrázkem 2. Zde $\vec{L} = J\vec{\omega}_s$. (J je moment setrvačnosti vzhledem k ose setrvačnicku). Jestliže se výrazně nemění poloha okamžité osy v tělese (což je v našem případě

splněno), reaguje setrvačnick na působení vnějšího momentu precesním pohybem, jehož úhlová frekvence $\vec{\Omega}_p$ vyhovuje vztahu

$$\vec{M} = \vec{\Omega}_p \times \vec{L} \quad (2)$$



Obr.2

Vztah (2) můžeme ovšem chápat také tak, že vynucená rotace s úhlovou rychlostí $\vec{\Omega}_p$ vyvolá moment \vec{M} . To je vlastně tvrzení Foucaultovy věty, podle níž [3] roztočený setrvačnick s momentem hybnosti \vec{L} , který je nucen vykonávat další rotaci $\vec{\Omega}$ ($\vec{\Omega}$ není rovnoběžné s \vec{L}), je podroben momentu, jenž působí tak, aby obě osy rotace byly souhlasně rovnoběžné. Vzniklý moment \vec{M} přitiskne osu setrvačnicku ke stěně drážky, jak je zakresleno na obr.3. Pouzdro se otáčí úhlovou rychlostí $\vec{\Omega}_p$. Tření mezi osou setrvačnicku a drážkou způsobí, že setrvačnick získá dodatečnou úhlovou rychlost

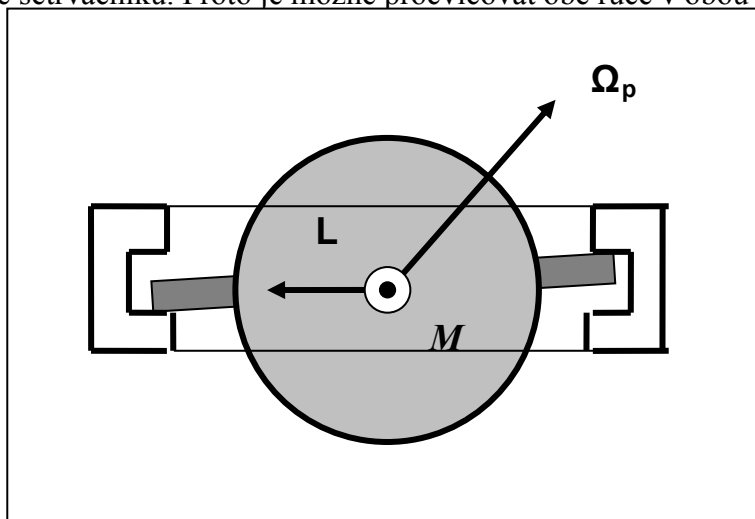
$$\Delta\omega = \frac{D}{d} \Omega_p, \quad (3)$$

kde D je střední průměr drážky (obr 1c) a d je průměr osy. Jestliže $\Delta\omega > \omega_s$ nastává urychlování rotace setrvačnicku. V opačném případě by byl setrvačnick přibržděn. Vztah (3) můžeme přepsat i pro počty otáček za minutu ve tvaru

$$\Delta N = \frac{D}{d} n_p.$$

Změna směru vynuceného otáčení nemění výsledné působení na zvyšování otáček vlastní rotace setrvačnicku. Proto je možné procvičovat obě ruce v obou směrech otáčení.

Obr.3



Uvažujme, že $D \approx 50$ mm, $d \approx 2$ mm. Jestliže přístroji udělíme rukou 5 otáček za sekundu, tj. $n_p = 300$ ot/min, bude $\Delta N = 7500$ ot/min. Potřebný moment síly je značný a výrobci uvádějí, že síla nutná na udržení vynucené rotace přístroje dosahuje až 180 N. Uvádí se, že přístroj může být užit i k terapeutickým účelům.

Počáteční rotace se setrvačníku uděluje zpravidla pomocí šňůrky, která se navine do drážky na obvodu setrvačníku. Je nezbytné, aby počáteční hodnota ω_s byla větší než určitá kritická hodnota. Jen za této podmínky je moment hybnosti a tím i vznikající moment M dosti velký, aby mezi osou setrvačníku a drážkou pouzdra působilo tření potřebné velikosti. Je též zajímavé, že dosažení vysokého počtu otáček vyžaduje jistou synchronizaci pohybu ruky. Ne každému se podaří roztočit Gyrotwister napoprvé. Také pokus nahradit pohyb ruky otáčením pouzdra na odstředivém stroji nevedl ke kladnému výsledku.

Cena Gyrotwisteru, zakoupeného v SRN se pohybuje v rozmezí 500-600 Kč. Jde o zařízení, které vtipným způsobem využívá vlastností setrvačníku a může ve školské fyzice posloužit při motivaci žáků.

Literatura.

[1] Ucke, Ch., Schlichting, H.J.: Faszinierendes Dynabee, Physik in unserer Zeit, 5/2000, s.230-231

[2] Klimeš, B. a kol. : Základy fyziky I, NČSAV, Praha 1962

[3] Závíška, F.: Mechanika, JČMF, Praha 1933

www.dynabee.de

www.powerball-germany.de