

10. MAGNETIC GEAR

KONZULTANT: TOMAŠ OSTATNICKÝ

TOMAS.OSTATNICKY@MFF.CUNI.CZ

MAGNETIC GEAR

TAKE SEVERAL IDENTICAL FIDGET SPINNERS AND ATTACH NEODYMIUM MAGNETS TO THEIR ENDS. IF YOU PLACE THEM SIDE BY SIDE ON PLANE AND ROTATE ONE OF THEM, THE REMAINING ONES START TO ROTATE ONLY DUE TO THE MAGNETIC FIELD. INVESTIGATE AND EXPLAIN THIS PHENOMENON.

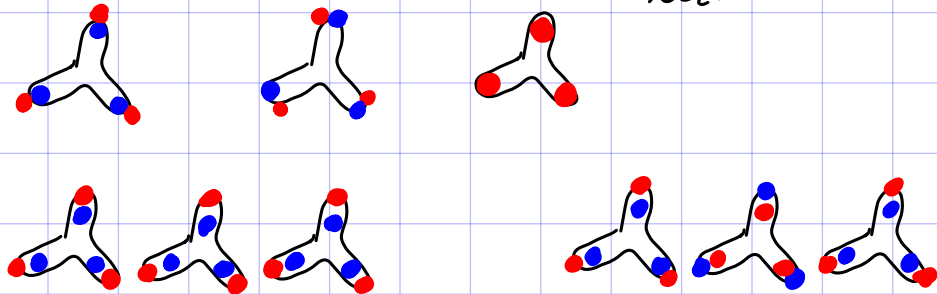
- ZŘEJMĚ PŘEDPOKLÁDÁMĚ PRAVIDELNÉ ROZMĚŘENÍ V ŘETÍZCE (ROVNĚH)
- NEHLEDÁME STABILNÍ ROTACI, ALE UMĚJEME, ŽE ZAČÍNÁME Z KLIDU
- PŘEVOD = PŘENOS MOMENTU SÍLY, MOŽNOST MĚNIT RYCHLOST (?)
- SPINNER = TOČÍ SE KOLEM PEVNÉ OSY, MALÉ TRŽENÍ, VELKÝ MOMENT SETRVAČNOSTI

JAK NA TO

EXPERIMENT:

VÍCEMĚŘNĚ PŘÍMOČARÝ, ALE MNOHO VOLNÝCH PARAMETRŮ:

POLOMĚR SPINNERU, VZÁJEMNÁ VZDÁLENOST, RYCHLOST OTÁČENÍ,
POLOHA MAGNETŮ, POČET



CO VYHODNŮCOVAT:

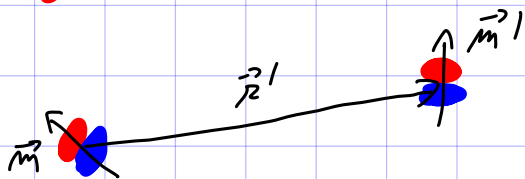
STABILITU, SMĚR OTÁČENÍ, RYCHLOST OTÁČENÍ

TEORIE:

VŠE JE ZNÁMÉ, JASNĚ DEFINOVANÁ ÚLOHA, ZNÁME PRAKTICKY VŠECHNY PARAMETRY
MNOHO VOLNÝCH PARAMETRŮ, NEVÍME CO VYHODNŮCOVAT

SILNĚ NELINEÁRNÍ SYSTÉM, NEEXISTUJE ANI PŘÍBLIŽNÉ ANALYTICKÉ ŘEŠENÍ
NUMERICKÉ ŘEŠENÍ NESTABILNÍ

TEORIE



MAGNETY V 1. PŘÍBLÍŽENÍ NAHRADÍME DIPÓLY

$$m \approx \frac{BV}{\mu_0}$$

B ... INDUKCE NA POUVCHU MAGNETU

V ... OBJEM MAGNETU

μ_0 ... PERMEABILITA

$$\vec{F}_{\vec{m}}(\vec{r}_1, \vec{m}_1) = -\frac{3\mu_0}{4\pi|\vec{r}|^3} \left[(\vec{m}_1 \cdot \vec{r}_1) \vec{m} + (\vec{m} \cdot \vec{r}_1) \vec{m}_1 + (\vec{m} \cdot \vec{r}_1) \vec{r}_1 - \frac{5}{|\vec{r}|^2} (\vec{m} \cdot \vec{r}_1)(\vec{m}_1 \cdot \vec{r}_1) \right] - \text{SÍLA PŮSOBÍCÍ NA } \vec{m} \text{ (POSOUVÁ MAGNET)}$$

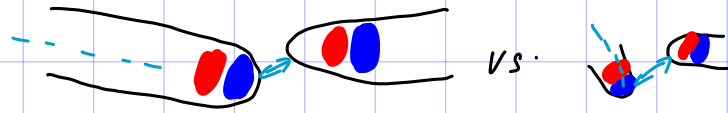
(WIKI: FORCE BETWEEN MAGNETS)

$$\vec{T}_{\vec{m}}(\vec{r}_1, \vec{m}_1) = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{3\vec{r}_1(\vec{r}_1 \cdot \vec{m}_1) - \vec{m}_1}{|\vec{r}_1|^3} \times \vec{m} - \text{MOMENT SÍLY PŮSOBÍCÍ ZÁROVEŇ SE SÍLOU VÝŠE (TOČÍ MAGNET BEZ ÚČASTI RÁMEN SPINNERU)}$$

(WIKI: MAGNETIC DIPOLE)

• ZÁVISÍ NA VZÁJEMNÉM NADČENÍ \Rightarrow POLOMER SPINNERU JE DŮLEŽITÝ PARAMETR

• ÚMĚRA $F \propto 1/r^4$, SILNĚ NELINEÁRNÍ

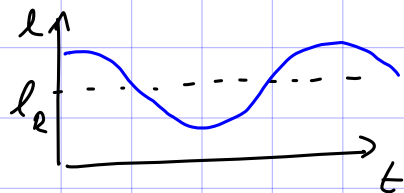


• DIPÓL - DIPÓL: EFEKTIVNÍ NA KRATKÉ VZDÁLENOSTI, OTOČENÍM MĚNÍ ZNAMÉNKO

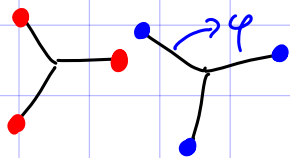
TEORIE - NELINEARITA

- LINEÁRNÍ HARMONICKÝ OSCILÁTOR (ZÁVAŽÍ NA PRŮŽNĚ) : $F = -k(l - l_0)$

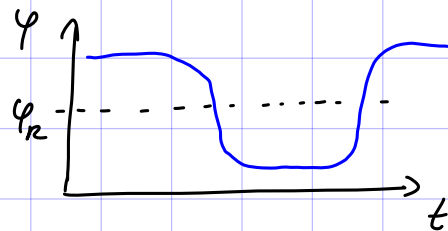
VÝSLEDNÝ POHYB: HARMONICKÁ FUNKCE $l(t) = l_2 + l_A \cos \omega t$
 $v(t) = -v_A \sin \omega t$



- SPINNER - JEDEN ZAPÍKLUJEME, Druhý JE VOLNÝ: $F \propto r^{-4} \propto \varphi^{-2}$



„PŘEPÍNAČÍ“ 2 JEDNÉ POLOHY
DO DRUHÉ



- VÍCE SPINNERŮ V ŘADĚ - TĚŽKO SE USTAVÍ ROVNOVÁHA KVŮLI PŘEPÍNAČÍ (YT: x23C xk CA_0 E4)
CESTA K CHAOSU (?), STAVY S RŮZNÝMI RYCHLOSTMI (?) - PRINCIP GRAVITAČNÍHO PRAKU

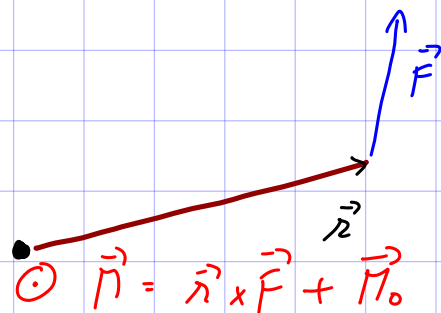
TEORIE - POHYBOVÉ ROVNICE

ω ... ÚHLOVÁ RYCHLOST, $\frac{d\varphi}{dt} = \omega$

L ... MOMENT HYBNOSTI $L = J\omega$

J ... MOMENT SETRVAČNOSTI

\vec{M} ... MOMENT SÍLY



$$\frac{dL}{dt} = M - P$$

$$= \frac{d}{dt}(J\omega) = J \frac{d\omega}{dt}$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{dL}{dt} = M - P \\ \frac{dL}{dt} = J \frac{d\omega}{dt} \end{array} \right\} \frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{J} (M - P)$$

MALE'

(WIKI: EULER'S LAWS OF MOTION)

TEORIE - ŘEŠENÍ ROVNIC

VELKÝ PROSTOR VOLNÝCH PARAMETRŮ

KVŮLI NELINEARITĚ NUMERICKY NESTABILNÍ, ALE LZE TO UDĚLAT

S DOŠTATEČNĚ MALÝM KROKEM

(WIKI: RUNGE-KUTTA METHODS)

CÍLEM JE NAJÍT NAPŘ.

ŘEŠENÍ VHODNÁ PRO PŘENOS MOMENTU SÍLY (POSLEDNÍ SPINNER BRZDĚNÝ)

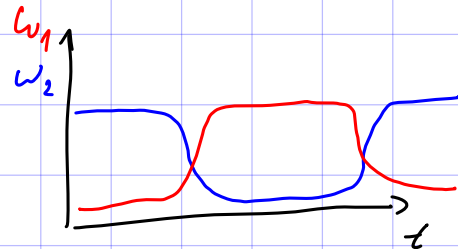
STABILNÍ PŘEVOD JINÝ NEŽ 1:1

CHAOTICKÁ ŘEŠENÍ

STABILNÍ ŘEŠENÍ



SPŘAŽENÉ OSCILÁTORY - JAK SE BUDE ROTACE PŘELÉVAT
(WIKI: OSCILLATION) MEZI 2 VOLNÝMI SPINNERY?



SHRNUTÍ

PŘÍSTUPNÉ TEORETICKÉ I EXPERIMENTÁLNÍ PŘEŠENÍ

SPočÍTAT LZE TEORETICKY COMPLEXIVU

HODNĚ NÁROČNĚ NA PŘEDKOVANÍM VŠECH POZEMOSTI

ASI NELZE VYŘEŠIT DOKONALE

ZDROJE

KIT-1LHAM.ORG - POZOR NĚKTERÉ INFORMACE ZAVADĚJÍCÍ

YOUTUBE: x22C x R CA0E4

7f_4E n NTC R Ø