

Univerza v Ljubljani
Fakulteta *za matematiko in fiziko*



Oddelek za fiziko

Vrtavka

Poročilo pri fizikalnem praktikumu IV

Kristofer Č. Povšič

Asistentka: Jelena Vesić

Uvod

Opisujemo gibanje vrtavke, kjer je njena kinetična energija mnogo večja od potencialne. Vrtavka ima dolgo os poravnano z z -osjo, je nutacijska frekvenca podana z

$$\nu_{nu} = \frac{J_{33}}{J_{11}}\nu_z \quad (1)$$

kjer ima vektor vztrajnostnega momenta komponente $\vec{J} = (J_{11}, J_{22}, J_{33})$ ter je ν_z frekvenca kroženja. Precesijska frekvenca je podana z

$$\nu_{pr} = \frac{1}{4\pi^2} \frac{mgh^*}{J_{33}\nu_z} \quad (2)$$

kjer je m masa vrtavke, g težnostni pospešek, h^* pa razdalja med težiščem in oporno točko osi (h^* je ročica navora).

Naloga

Izmeri precesijsko (ω_{pr}) in nutacijsko kotno hitrost (ω_{nu}) v odvisnosti od kotne hitrosti (ω_z) vrtavke. Izvedi meritev pri vsaj treh frekvencah $\nu_z = \frac{\omega_z}{2\pi}$. Na primer pri približno 600, 500, 400 obratih na minuto (kratica rpm - angl. rotations per minute). Gornjo meritev izvedi pri naslednjih nastavitvah vrtavke:

- vrtavka z utežjo blizu krogle
- utež na sredini palice
- utež na koncu palice (pusti si prostor za oprijem)

Meritve z različnimi nastavitvami vrtavke izvedi pri podobnih frekvencah ν_z kot prej, da so rezultati lažje primerljivi. Izmerjene vrednosti ω_{pr} in ω_{nu} primerjaj z izračunanimi in naredi tabelo.

Potrebščine

- krogla s podnožjem in priborom (palica, utež in ploščica z vzorcem)
- kompresor pod mizo
- stroboskop
- stoparica

Navodilo

Sestavim vajo po navodilih. Vrtavka je sestavljen aiz kovinske krogel, aluminijaste palice s snemljivivo in premakljivo utežjo. Na palici je fiksno pritrjena ploščica z močno kontrastnim vzorcem. Pod stroboskopom lahko s pomočjo vzorca določim frekvenco rotacije okoli lastne osi vrtavke ν_z .

Vključim kompresor in ventilator. S prsti zavrtim vrtavko v navpičnem položaju in pustim, da jo zračni curek dodatni zavrti. Spreminjam frekvenco na stroboskopu in ko se vzorec na vrtavki ustali, odčitam izmerjeno vrednost vrtenja. Prislonim svinčnik in s tem izmaknem vrtavko iz osi in vrtavka začne s precesijo. Izmerim precesijski čas pod različnimi koti, da vidim, da je neodvisen od kota. S kratkim udarcem po vrtavki, začnem nutacijo. Potrebno jo je večkrat vzbuditi, saj jo trenje zavira.

Znani podatki o vrtavki so:

$$m_s = 515 \text{ g} \quad 2r_s = 50.8 \text{ mm},$$

in

$$\begin{array}{lll} m_r = 15 \text{ g} & 2r_r = 51 \text{ g} & h_r = 1.1 \text{ mm} \\ m_b = 27 \text{ g} & 2r_b = 6.5 \text{ g} & h_b = 100.5 \text{ mm} \\ m_w = 18 \text{ g} & 2r_1 = 20 \text{ g} & h_w = 25.2 \text{ mm}, \end{array}$$

Obdelava podatkov

Utež na $h^* = 0$

Izmerjeni podatki so:

| $(\nu_z \pm 50)[\text{rpm}]$ | $(\nu_z \pm 0.8)[\text{Hz}]$ | $5t_{pr}[\text{s}]$ | $\nu_{pr}[\text{Hz}]$ | $\nu_{nu}[\text{Hz}]$ |
|------------------------------|------------------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| 350 | 5.8 | 15.8 | 0.3 ± 0.1 | 3.7 ± 0.1 |
| 510 | 8.5 | 15.7 | 0.3 ± 0.1 | 4.6 ± 0.1 |
| 600 | 10 | 18.0 | 0.2 ± 0.1 | 8.4 ± 0.1 |

Izračunani podatki so:

| $\nu_z[\text{rpm}]$ | $\pm[\text{rpm}]$ | $\nu_{pr}[\text{Hz}]$ | $\pm[\text{Hz}]$ | $\nu_{nu}[\text{Hz}]$ | $\pm[\text{Hz}]$ |
|---------------------|-------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|------------------|
| 350.00 | 50.00 | 0.79 | 0.12 | 2.86 | 0.41 |
| 510.00 | 50.00 | 0.55 | 0.06 | 4.17 | 0.41 |
| 600.00 | 50.00 | 0.46 | 0.04 | 4.90 | 0.41 |

Utež na $h^* = (3.5 \pm 0.1)\text{cm}$

Izmerjeni podatki so:

| $(\nu_z \pm 50)[\text{rpm}]$ | $(\nu_z \pm 0.8)[\text{Hz}]$ | $5t_{pr}[\text{s}]$ | $\nu_{pr}[\text{Hz}]$ | $\nu_{nu}[\text{Hz}]$ |
|------------------------------|------------------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| 360 | 6 | 9.0 | 0.5 ± 0.1 | 2.3 ± 0.1 |
| 510 | 8.5 | 9.6 | 0.5 ± 0.1 | 3.1 ± 0.1 |
| 580 | 9.7 | 11.2 | 0.4 ± 0.1 | 3.6 ± 0.1 |

Izračunani podatki so:

| $\nu_z[\text{rpm}]$ | $\pm[\text{rpm}]$ | $\nu_{pr}[\text{Hz}]$ | $\pm[\text{Hz}]$ | $\nu_{nu}[\text{Hz}]$ | $\pm[\text{Hz}]$ |
|---------------------|-------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|------------------|
| 360.00 | 50.00 | 0.91 | 0.13 | 2.60 | 0.35 |
| 510.00 | 50.00 | 0.66 | 0.07 | 3.58 | 0.35 |
| 580.00 | 50.00 | 0.58 | 0.05 | 4.07 | 0.36 |

Utež na $h^* = (6.5 \pm 0.1)\text{cm}$

Izmerjeni podatki so:

| $(\nu_z \pm 50)[\text{rpm}]$ | $(\nu_z \pm 0.8)[\text{Hz}]$ | $5t_{pr}[\text{s}]$ | $\nu_{pr}[\text{Hz}]$ | $\nu_{nu}[\text{Hz}]$ |
|------------------------------|------------------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| 300 | 5 | 3.23 | 1.5 ± 0.1 | 1.8 ± 0.1 |
| 410 | 6.8 | 6.8 | 0.7 ± 0.1 | 3.6 ± 0.1 |
| 510 | 8.5 | 11.3 | 0.4 ± 0.1 | 4.7 ± 0.1 |

Izračunani podatki so:

| $\nu_z[\text{rpm}]$ | $\pm[\text{rpm}]$ | $\nu_{pr}[\text{Hz}]$ | $\pm[\text{Hz}]$ | $\nu_{nu}[\text{Hz}]$ | $\pm[\text{Hz}]$ |
|---------------------|-------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|------------------|
| 300.00 | 50.00 | 1.29 | 0.22 | 1.74 | 0.29 |
| 410.00 | 50.00 | 0.94 | 0.12 | 2.38 | 0.29 |
| 510.00 | 50.00 | 0.76 | 0.08 | 2.96 | 0.30 |