

1A. Mjerenje vremena – Maxwellov disk

Zadaci

Izmjerite vrijeme poniranja diska za 5 različitih visina s . Prikažite izmjerene vrijednosti u $s - t^2$ dijagramu i metodom najmanjih kvadrata izračunajte koeficijente pravca regresije i njihove pogreške pretpostavljajući ovisnost oblika $s = k \cdot t^2 + l$. Tako dobiveni pravac regresije također ucrtajte u $s - t^2$ dijagram. Odredite moment tromosti diska I_z !

Teorijski uvod

Maxwellov disk je disk velikog momenta tromosti, na čiju su osovinu namotane dvije niti obješene na stalak (slika 1).



Slika 1. Maxwellov disk. Desno: presjek osovine diska s namotanom niti

Gibanje Maxwellova diska slično je kotrljanju tijela niz kosinu. Ukupna energija (zbroj potencijalne i kinetičke energije) mora, prema zakonu očuvanja mehaničke energije, biti konstantna. Kinetička se energija sastoji od rotacijske i translacijske pa možemo pisati:

$$E_{uk} = 0 = -mgs + \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}\frac{I_z}{r^2}v^2. \quad (1)$$

Drugom derivacijom ove jednadžbe po vremenu, dobivamo ubrzanje težišta

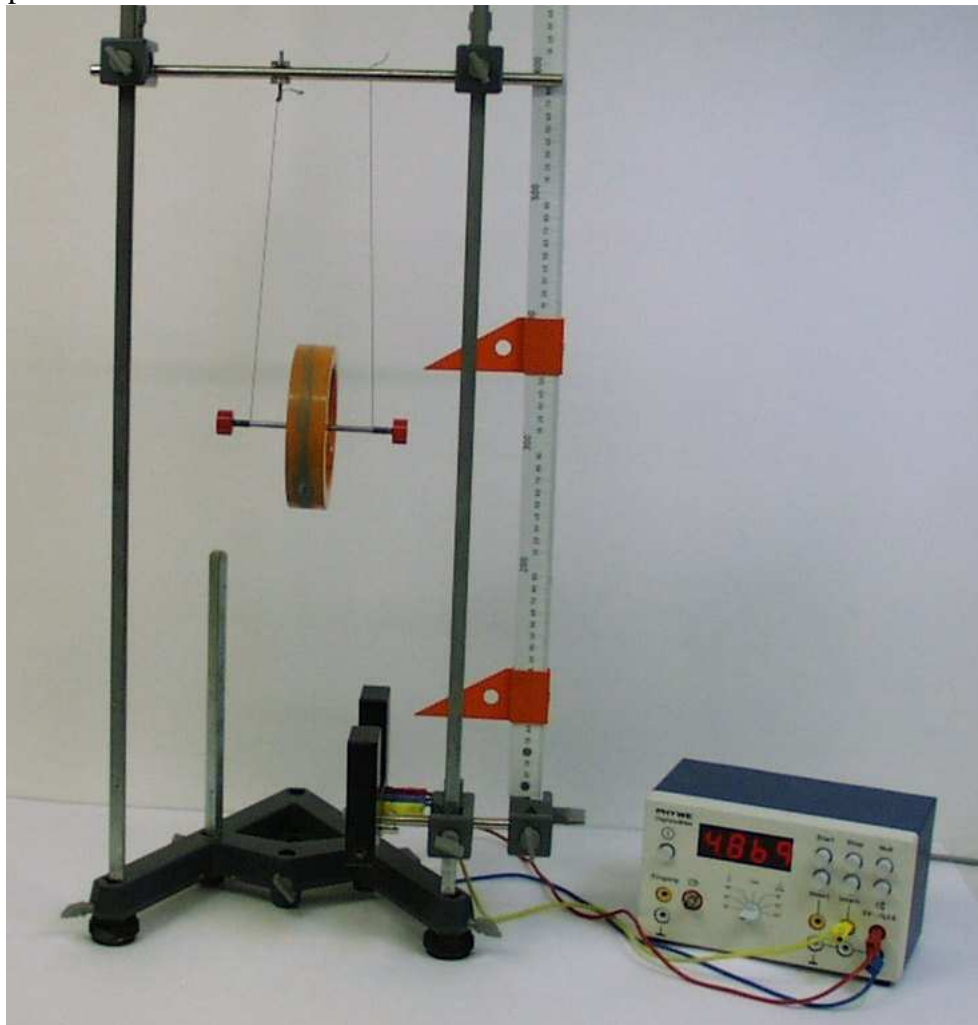
$$a = \frac{mg}{m + \frac{I_z}{r^2}}, \quad (2)$$

a budući da u $t = 0$ vrijedi $s = 0$ i $v = 0$, imamo relaciju za prijedeni put

$$s(t) = \frac{1}{2} \frac{mg}{m + \frac{I_z}{r^2}} t^2. \quad (3)$$

Mjerni uređaj i mjerenje

Ekperimentalni uređaj, prikazan na slici 2, sastoji se od stalka, vodoravna štapa o koji su obješene niti s Maxwellovim diskom, fotoćelije s elektroničkom zapornom urom i mjerne skale na štapu s pokazivačima.

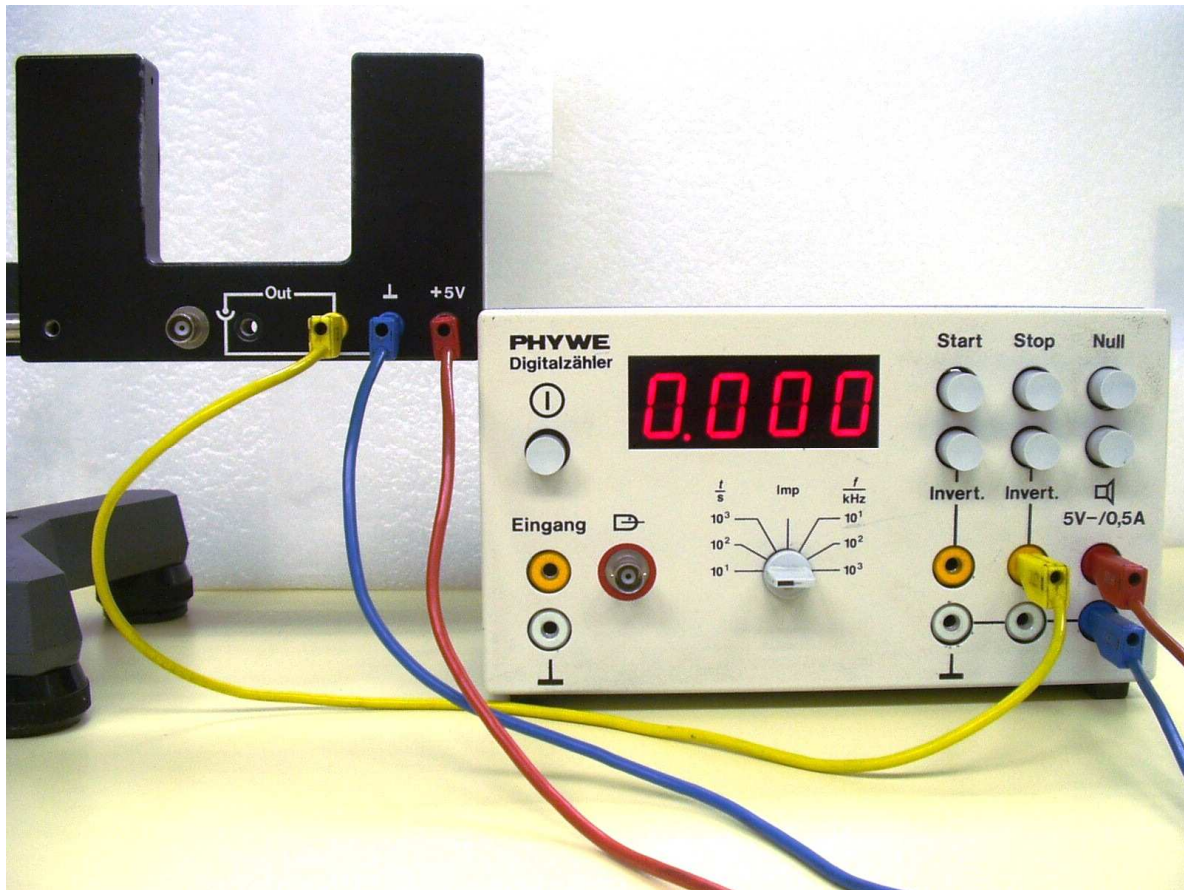


Slika 2. Ekperimentalni uređaj

Pomoću regulirajućeg vijka na štapu koji nosi niti, može se osovina Maxwellova diska postaviti vodoravno kako bi gustoća namatanja niti bila približno jednaka s obje strane diska. Neravnomjerno namatanje niti uzrokuje nepravilno gibanje diska. Fotoćeliju je, nakon priključivanja na elektroničku zapornu uru (štopericu), potrebno inicijalizirati pritiskom na tipku SET na pozadini fotoćelije. Fotoćelija je spremna za uporabu tek kad crvena lampica trepće pri svakom prekidanju snopa što možete provjeriti i prstom (zaporna ura mora biti uključena no ne mora mjeriti vrijeme). Kada osovina diska presiječe svjetlosni snop, detektor šalje signal na zapornu uru. Zaporna ura, tj. njezin okidač, spaja se u žutu utičnicu ispod tipke STOP (vidi sliku 3). Mjerenje se izvodi tako da se namatanjem niti disk podigne na određenu visinu. Jedan

pokazivač na mjernoj skali postavi se na tu visinu, a drugi na visinu svjetlosnog snopa fotoćelije. U trenutku otpuštanja diska pritisne se tipka START na zapornoj uri, a u trenutku kada osovina diska presiječe svjetlosni snop fotoćelije, zaporna će se ura zaustaviti. Na taj se način udaljenost s i vrijeme t mogu precizno mjeriti neovisno jedno o drugome. Vrijeme poniranja t treba za svaku visinu izmjeriti 5 puta, a u daljnjem računu uzimati srednju vrijednost tih 5 mjerenja.

Polumjer osovine diska je $r = 3$ mm, a masa diska je $m = 0,436$ kg.



Slika 3. Ispravan spoj fotoćelije i zaporne ure

NAPOMENA: Bez obzira na oblik linearne ovisnosti mjerenih parametara ($y=k \cdot x$ ili $y= k \cdot x+l$), pri određivanju koeficijenata pravca linearne regresije UVIJEK pretpostavite linearnu ovisnost parametara u obliku $y= k \cdot x+l$ i izračunajte oba koeficijenta i pripadne im pogreške. Pazite na mjerne jedinice koeficijenata!