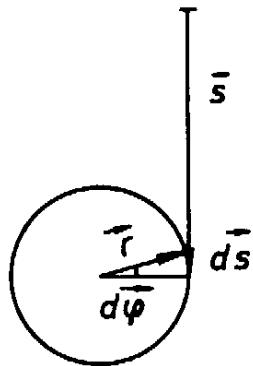


FP1–V5. Očuvanje mehaničke energije

Ključni pojmovi

Gravitacijska potencijalna energija, translacijska i rotacijska kinetička energija, Maxwellov disk, moment tromosti, kutna brzina, kutno ubrzanje, kotrljanje bez klizanja

I. TEORIJSKI UVOD



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

U zatvorenome mehaničkom sustavu zbroj potencijalne i kinetičke energije je konstantan. Očuvanje mehaničke energije proučavat ćemo uređajem koji se zove Maxwellov disk. To je disk velikog momenta tromosti, na čiju su osovinu namotane dvije niti obješene na stalak. Razmatranje gibanja Maxwellova diska ekvivalentno je razmatranju kotrljanja okrugla tijela niz kosinu bez klizanja. Problem se može riješiti na više načina, od kojih ćemo mi odabrat razmatranje energije.

U početku eksperimenta disk miruje i taj položaj označimo kao ishodište potencijalne energije ($E_p = 0$). Otpuštanjem diska počinje odmotavanje niti s osovine te rotacija diska i njegovo spuštanje. U bilo kojem kasnijem trenutku imamo tri doprinosu energiji: kinetičku energiju translacije težišta $E_t = mv^2/2$, kinetičku energiju rotacije diska $E_r = I_z\omega^2/2$ i potencijalnu energiju $E_p = -mgs$. Ovdje smo uzeli da je potencijalna energija nula kada se disk nalazi u početnom položaju, a veličinu s mjerimo prema dolje. Bitno je uočiti da je brzina translacije težišta diska (brzina propadanja diska) po iznosu jednaka obodnoj brzini osovine (brzina odmatanja niti) $v = \omega r$, gdje je r polumjer osovine uvećan za širinu niti. Budući da pretpostavljamo kako je ukupna mehanička energija očuvana, možemo pisati:

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

Deriviranjem ove jednadžbe po vremenu, dobivamo ubrzanje težišta:

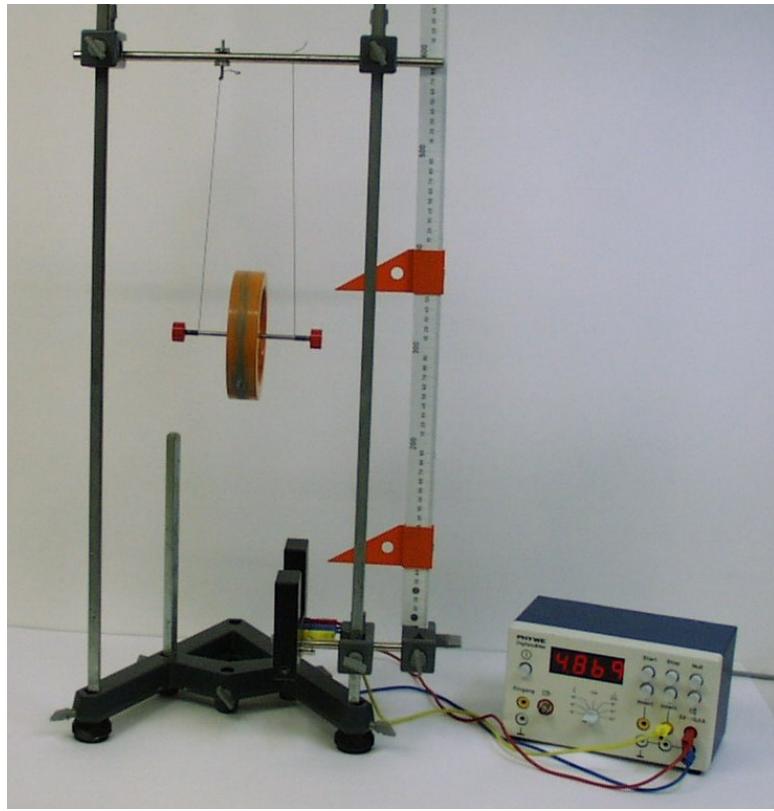
$$a = \frac{mg}{m + \frac{I_z}{r^2}} \quad (2)$$

a kako u $t = 0$ vrijedi $s = 0$ i $v = 0$, odmah imamo relacije za prijeđeni put i brzinu tijekom jednog spusta diska: $s(t) = at^2/2$ i $v(t) = at$.

II. MJERNI UREĐAJ I MJERENJE

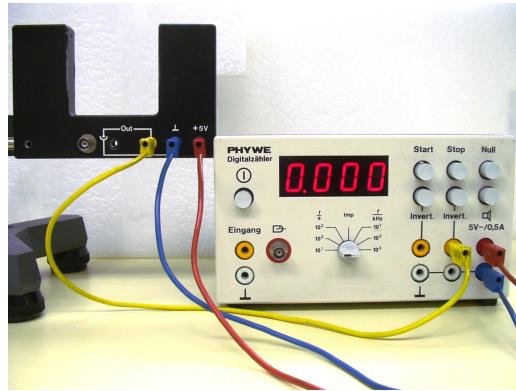
Eksperimentalni uređaj prikazan je na Slici 2. Sastoji se od stalka, vodoravna štapa o koji su obješene niti s Maxwellovim diskom, fotoćelije s elektroničkom zapornom urom i mjerne skale na štapu s pokazivačima.

Pomoću regulirajućeg vijka na štalu koji nosi niti, osovinu Maxwellova diska može se postaviti vodoravno kako bi gustoća namatanja niti bila približno jednaka s obiju strana 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



Slika 2: Eksperimentalni uređaj.

uključena, no ne mora mjeriti vrijeme). Kada osovina diska presječe 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 presječe svjetlosni snop fotoćelije, zaporna će se ura zaustaviti. Na taj se način udaljenost s i vrijeme t mogu precizno mjeriti neovisno jedno o drugome. Polumjer osovine diska je $r_0 = 2,5$ mm, a masa diska je $m = 0,436$ kg.



Slika 3: Ispravan spoj fotoćelije i zaporne ure.

Zadaci

- Izmjerite vrijeme poniranja diska za desetak različitih visina s (za svaku visinu mjerite 5 puta). Prepostavite da je ovisnost prijeđenog puta o vremenu oblika $s \propto \bar{t}^\alpha$ i logaritamskim grafom odredite eksponent α .
- Prikažite mjerene vrijednosti u $\bar{t}^2 - s$ dijagramu. Iz nagiba pravca izračunajte moment inercije I_z uz pretpostavku da je $r = 2,5$ mm te uz pretpostavku da je $r = 3,0$ mm. Za $r = 2,5$ mm izračunajte moment inercije I_z i iz rezultata prethodne prilagodbe podataka (na logaritamski graf) te ih usporedite.
- Odaberite najveću visinu s i izračunajte potencijalnu, translacijsku i rotacijsku energiju na visini fotoćelije uz pretpostavku dvaju različitih radijusa ($r = 2,5$ mm i $r = 3,0$ mm).