

Ime i prezime _____ br. indeksa _____

Vežba br. 1

ODREĐIVANJE UBRZANJA KOD RAVNOMERNO PROMENLJIVOG PRAVOLINIJSKOG KRETANJA

a) kinematičkim metodom

b) dinamičkim metodom

Deo fizike koji proučava kretanje zove se mehanika. U mehanici se mogu izdvojiti dve celine: *kinematika* i *dinamika*. Kinematika samo opisuje kretanje tela ne uzimajući u obzir uzroke kretanja. Dinamika analizira način kretanja i uzroke koji dovode do kretanja kao i promene stanja kretanja.

Kretanje je promena položaja tela u prostoru tokom vremena. Promena položaja posmatra se u odnosu na izabrano telo koje se zove *referentno telo*. Sistem koji je vezan za referentno telo zove se *referentni sistem*. Položaj tela u referentnom (Dekartovom koordinatnom) sistemu određen je vektorom položaja odnosno koordinatama (x, y, z). U najjednostavnijem slučaju, ako se telo kreće pravolinijski za određivanje položaja dovoljna je samo jedna koordinata (najčešće x).

Putanja tela je stvarna ili zamišljena linija koju telo opisuje tokom kretanja. Prema obliku putanje (trajektorije) kretanja se dele na *pravolinijska* i *krivolinijska*.

Fizičke veličine koje opisuju kretanje tela u kinematici su:

- s – pređeni put
- \vec{v} – brzina
- \vec{a} – ubrzanje

Pređeni put (s) je dužina putanje koju telo pređe za određeni vremenski interval. Brzina tela (v) je brojno jednaka pređenom putu u jedinici vremena, dok je ubrzanje (a) jednako promeni brzine u jedinici vremena.

Kretanje po pravoj liniji pri kojem telo prelazi jednake puteve u istim vremenskim intervalima zove se *ravnomerno kretanje*. Kod ravnomernog kretanja brzina je ista u bilo kojoj tački putanje ($\vec{v} = \text{const.}$).

Pravolinijsko kretanje pri kom se brzina tela u jednakim vremenskim intervalima menja za istu vrednost je *ravnomerno promenljivo kretanje* ($\vec{a} = \text{const.}$). Ako se vektor ubrzanja poklapa sa smerom kretanja telo će se kretati ubrzano. Ukoliko je smer ubrzanja suprotan od smera kretanja tela telo se kreće usporeno.

Kod promenljivog kretanja trenutna brzina i pređeni put određeni su relacijama:

$$v = v_0 + at \quad (1)$$

$$s = v_0 t + at^2 / 2 \quad (2)$$

U dinamici se uvode dve nove veličine:

- m – masa
- \vec{F} – sila

Masa predstavlja meru inertnosti tela, a sila meru uzajamnog delovanja tela.

Dinamika se zasniva na Njutnovim zakonima.

I Njutnov zakon: Svako telo zadržava stanje mirovanja ili ravnomernog pravolinijskog kretanja sve dok na njega ne deluje spoljašnja sila ili je rezultanta više sila koje deluju na telo jednaka nuli.

$$\vec{F} = \Sigma \vec{F}_i = 0 \rightarrow \vec{v} = \text{const.}$$

II Njutnov zakon: Ako na telo mase m deluje spoljašnja sila \vec{F} (ili je rezultanta $\Sigma \vec{F}_i \neq 0$), ubrzanje koje telo pri tom dobija srazmerno je sili koja na njega deluje, a obrnuto srazmerno masi tela.

Spoljašnja sila \vec{F} koja deluje na telo mase m saopštava mu ubrzanje u pravcu i smeru svog delovanja.

$$\vec{a} = \Sigma \vec{F}_i / m \rightarrow \vec{F} = \Sigma \vec{F}_i = m \vec{a}$$

III Njutnov zakon: Ako jedno telo deluje na drugo nekom silom, onda i drugo telo deluje na prvo silom istog pravca i intenziteta, a suprotnog smera.

$$\vec{F}_{21} = -\vec{F}_{12}$$

Sila trenja se javlja na dodirnim površinama između tela i podloge po kojoj se telo kreće i srazmerna je sili koja deluje normalno na podlogu :

$$F_{\text{tr}} = \mu F_n \quad (3)$$

gde je μ – faktor trenja.

Smer sile trenja uvek je suprotan od smera kretanja tela, tj ona se suprotstavlja pokretanju i kretanju tela. Razlikujemo silu trenja mirovanja, klizanja i kotrljanja.

Aparatura

Aluminijumska šina sa skalom dužine 113 cm, metalni držač sa koturom, kolica mase $m = 165\text{g}$, konac, set od 10 tegova mase po 20g i set od 10 tegova mase 10g , metalni cilindar sa kukama mase $m = 10\text{g}$, elektronska /digitalna štoperica (tačnost $0,001\text{s}$) i dva fotosenzora (Sl. 1).



Sl. 1

Postupak pri merenju

a) kinematički metod

Jedan kraj konca se veže za kolica, zatim prebaci preko kotura na metalnom nosaču koji je prethodno postavljen na aluminijumsku šinu. Na drugi kraj konca okači se metalni cilindar sa kukom. Kolica se postave na šine i zakače sigurnosnom kukom / držačem u početnom položaju – 0cm na skali.

Svetlosni senzori se postave tako da položaj između njih iznosi 50 cm . Prvi senzor postavlja se što bliže početku skale $x_1 \approx 0\text{ cm}$ (Sl.1). Fotosenzori su povezani USB kablom, port A prvog povezan sa portom B drugog senzora, a port B prvog fotosenzora povezujemo sa USB ulazom na štoperici, kojom merimo vreme prolaska između dva senzora. Prvo merenje obavlja se sa neopterećenim kolicima. Pažljivo pomeriti držač i omogućiti kolicima da krenu iz stanja mirovanja. U tom momentu kolica prolaze kroz prvi fotosenzor i aktiviraju štopericu koja počinje da meri vreme. Pri prolasku kolica kroz drugi fotosenzor štoperica se zaustavlja i na ekranu se javlja vrednost izmerenog vremena. To je vreme t za koje kolica pređu zadato rastojanje s .

Kako su kolica u početnom trenutku bila u stanju mirovanja ($v_0 = 0$) ubrzanje se određuje na osnovu relacije, koja u kinematici daje vezu između pređenog puta i vremena za ravnomerno ubrzano kretanje:

$$a_k = 2s / t_{sr}^2 \quad (4)$$

b) dinamički metod

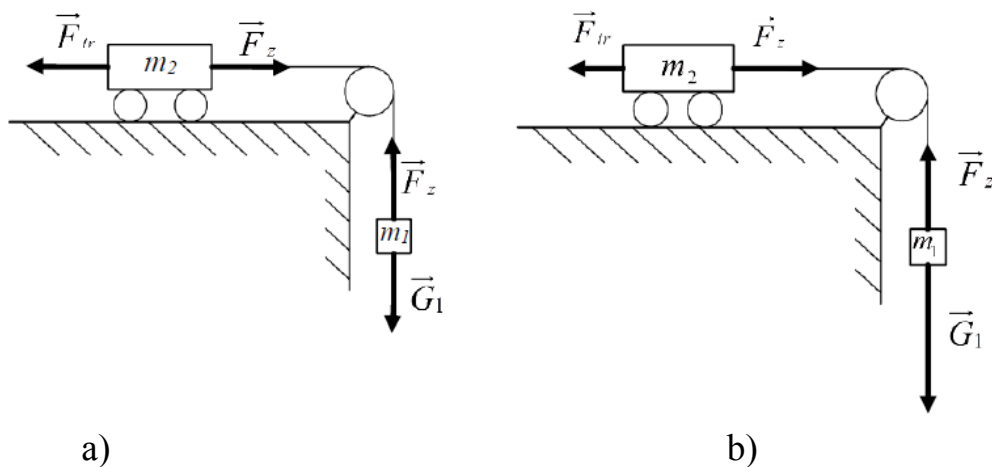
Za određivanje ubrzanja a_d primenjuje se dinamički metod. Razmatraju se sve sile koje deluju na tela mase m_1 i m_2 .

Prvo se određuje faktor trenja između točkova kolica i šina. Dodavanjem tegova na kolica dovesti sistem (kolica + metalni cilindar) u stanje ravnomernog kretanja. Opterećena kolica kreću se tada veoma sporo po šinama. Sistem je prikazan na Sl.2a. Na metalni cilindar deluju dve sile koje su u ravnoteži: sila teže $G_1 = m_1g$ i sila zatezanja konca F_z u vertikalnom pravcu i suprotnim smerovima. Na opterećena kolica mase m_2 (masa kolica + masa dodatih tegova) deluje sila zatezanja F_z koja je uravnotežena silom trenja $F_{tr} = \mu m_2 g$. Kako su masa kotura i trenje konca i kotura zanemarljivi, a konac zanemarljive mase i neistegljiv, sile zatezanja koje deluju na krajevima konca tj. na telo m_1 i m_2 su jednake. Vučna sila koja deluje na kolica tada je m_1g . Na osnovu navedenih relacija moguće je odrediti faktor trenja kotrljanja:

$$m_1 g = \mu m_2 g \quad (5)$$

$$\mu = m_1 / m_2 \quad (6)$$

Merenjem je dobijena vrednost $\mu = \underline{\hspace{2cm}}$



Sl. 2

U sistemu prikazanom na Sl.2b sile koje deluju na tela sada nisu u ravnoteži, već postoji odgovarajuća rezultujuća sila pod čijim dejstvom će se tela kretati ubrzano. Jednačine koje opisuju kretanje pojedinih tela:

$$m_1 a = m_1 g - F_z \quad (7)$$

$$m_2 a = F_z - \mu m_2 g \quad (8)$$

Na osnovu prethodnih jednačina dobija se konačna jednačina koja opisuje kretanje celog sistema na Sl.2b, a na osnovu nje i izraz za izračunavanje ubrzanja a_d :

$$(m_1 + m_2)a = m_1g - \mu m_2 g \quad (9)$$

$$a_d = (m_1g - \mu m_2 g) / (m_1 + m_2) \quad (10)$$

Postaviti aparaturu kao na slici 1. Prvu seriju merenja izvršiti na sledeći način: obaviti merenje opisano pod a) sa praznim kolicima, a onda na nosač tegova koji se nalazi na kolicima dodavati tegove određenih masa (80g, 140g, 200g, 260g) i time menjati masu m_2 (masa kolica + masa tegova). Masa $m_1 = 10g$ ostaje ista. Izmeriti vreme prolaska kolica između fotosenzora tri puta za svaku od navedenih masa. Posle svakog merenja resetovati štopericu. Izračunati a_k i a_d koristeći relacije (4) i (10). Rezultate uneti u tabelu 1.

U drugoj seriji merenja kolica opteretiti masom 140g, a na drugi kraj konca okačiti tegove sledećih masa: 10g, 20g, 30,50g i 70g. Meriti vreme tri puta za svaku navedenu masu, a zatim izračunati a_k i a_d prema relacijama (4) i (10). Rezultate uneti u tabelu 2.

m_1 (kg)	m_2 (kg)	t (s)	t_{sr} (s)	a_k (m/s^2)	a_d (m/s^2)	

Tabela 1

m_2 (kg)	m_1 (kg)	t (s)	t_{sr} (s)	a_k (m/s ²)	a_d (m/s ²)	

Tabela 2