

K I N E M A T I K A

UVOD U KINEMATIKU

01. OSNOVNI POJMOVI. PREDMET KINEMATIKE

1 Kinematikom se naziva deo teorijske mehanike u kome se proučavaju mehanička kretanja tela ne uzimajući u obzir njihovu masu i sile koje dejstvuju na njih. Prema tome, u kinematici se proučavaju geometrijska svojstva kretanja tela i stoga se kinematika naziva još i geometrijom kretanja.

Kinematika je jedna od najstarijih naučnih disciplina i zajedno sa geometrijom nastala je još kod starih Egipćana, koji su posmatrali promenu položaja zvezda na nebeskom svodu i tako uočili zakonitost njihovog premeštanja (pomeranja). Tako je čovek uveo u svoja saznanja promenu položaja tela (zvezda) u toku vremena i došao do pojma brzine nebeskih tela.

Pod mehaničkim kretanjem podrazumeva se promena položaja koje tokom vremena jedno materijalno telo vrši u odnosu na drugo materijalno telo. Dakle, svako mehaničko kretanje tela moguće je proučavati samo tada ako postoji drugo telo u odnosu na koje vršimo upoređivanje i zaključujemo da li se telo kreće ili ne. Ako bi u prostoru postojalo samo jedno telo, mi bismo bili lišeni mogućnosti da sudimo o promeni položaja datog tela i sledstveno tome o njegovom kretanju.

Osnivač klasične mehanike Isak Njutn (1643—1727) uveo je u mehaniku apsolutno nepokretni prostor i saglasno tome apsolutno nepokretni sistem referencije, u odnosu na koji se određuje kretanje tačke ili tela. Apsolutno nepokretni prostor je po svojim svojstvima isti u svim delovima svemira i to je trodimenzioni Euklidov prostor, pa su svojstva prostora u klasičnoj mehanici u potpunosti određena sistemom aksioma Euklidove geometrije. Na taj način za kinematičko proučavanje kretanja tela nisu potrebne nikakve posebne kinematičke aksiome.

1 Za apsolutno nepokretni sistem referencije usvaja se heliocentrični koordinatni sistem, za čiji je početak uzeto Sunce, a tri među sobom upravne ose upravljene su ka trima zvezdama nekretnicama.

Kretanje tačke ili tela u odnosu na apsolutno nepokretni sistem referencije naziva se apsolutno kretanje.

Kretanje tačke ili tela u odnosu na drugo pokretno telo naziva se relativno kretanje tačke ili tela. Sva kretanja u prirodi su relativna jer ne postoji telo koje je

apsolutno nepokretno i zbog toga definiciju apsolutnog kretanja tačke ili tela treba shvatiti uslovno.

Njurn je u mehaniku uveo i pojam *apsolutno (univerzalno) vreme* koje se jednako menja (teče) u svim delovima svemira i u svim sistemima referencije i ono ne zavisi od spoljašnjih faktora kao ni od kretanja sistema referencije jednog u odnosu na drugi. Na osnovu ovakve definicije univerzalnog vremena u klasičnoj mehanici se dva događaja na dva različita mesta mogu registrovati jednovremeno.

Pretpostavka o postojanju apsolutno nepokretnog prostora i apsolutnog (univerzalnog) vremena ima smisla samo za slučaj kada su brzine tačke ili tela neuporedivo manje od brzine svetlosti a upravo sa takvim brzinama u kinematici i operišemo.

Za tehničke probleme usvojicemo da je apsolutno nepokretn sistem referencije koji je čvrsto vezan za Zemlju i kretanje tela u odnosu na takav sistem referencije usvojicemo za uslovno apsolutna kretanja. Ovakav pristup proučavanju mehaničkih kretanja u potpunosti je opravdan, jer da bismo proučili kretanja tela na Zemlji (brod, automobil i drugo), dovoljno je da se u svakom trenutku vremena zna položaj tela u odnosu na izabrani sistem referencije koji je vezan za Zemlju, a da se pri tome ne mora uzeti u obzir obrtanje Zemlje oko svoje ose, zatim kretanje Zemlje po eliptičnoj putanji oko Sunca, kao i kretanje koje Zemlja zajedno sa Suncem vrši kroz vasionu. Međutim, ima kretanja za koja moramo uzeti u obzir obrtanje Zemlje oko svoje ose. Na primer, prilikom lansiranja vasionских raketa koje treba da stignu na druga nebeska tela, mora se uzeti u obzir i obrtanje Zemlje oko svoje ose.

Kretanje tela u odnosu na različite sisteme referencije može biti sasvim različito. Tako, na primer, za posmatrača koji se nalazi na pokretnoj platformi, koja se kreće horizontalno, bilo koje telo koje leži na platformi biće nepokretno, dok za posmatrača koji se nalazi van platforme i koji miruje, taj predmet se kreće. Isto tako, ako se sa platforme koja se kreće ravnomerno pravolinijski baci vertikalno u vis kamen, za posmatrača koji se nalazi na pokretnoj platformi, kamen se kreće po vertikalnoj liniji, dok se za posmatrača koji se nalazi van platforme i koji miruje, kamen kreće po paraboli. Prema tome, veoma je važno da se utvrdi sistem referencije u odnosu na koji se posmatra kretanje tela, jer prema Darvinu svet je onakav kako ga vidimo.

Kretanje tela vrši se tokom vremena u prostoru i stoga kinematika uvodi u analizu dve veličine: dužinu (L) i vreme (t). U međunarodnom sistemu jedinica SI (Système Internationale d'Unités) osnovne veličine i jedinice za kinematiku su:

dužina — metar

vreme — sekund.

Etalon za dužinu prvi put je ustanovljen 1798. g. u Parizu. Tada je određeno da jedinica za dužinu bude jedan metar, a to je dužina desetmilionitog dela četvrtine Zemljinog meridijana od Severnog pola do Ekvatora. Načinjen je bio štamp od legure platine (90%) i iridijuma (10%) na kome je označeno ovo rastojanje i predat je na čuvanje Nacionalnom arhivu u Parizu. Pri reprodukciji ovog etalona nastupila je greška od $2 \cdot 10^{-3}\%$ i njegovo korišćenje u vanevropskim zemljama bilo je skoro nemoguće. Zbog toga je 1889. godine izlivena 31 kopija etalona dužine jednog metra i po jednu kopiju dobile su sve države potpisnice Međunarodne konvencije o merama, među kojima je bila i Kraljevina Srba, koja je dobila etalon br. 30 i on se i danas čuva u Saveznom zavodu za mere i plemenite metale u Beogradu.

Razvitak nauke i tehnike zahtevao je što preciznije merenje i na XI generalnoj konferenciji za mere i tegove, održanoj u Parizu 1960. godine, ustanovljen je nov etalon dužine:

Jedan metar predstavlja 1650763,73 talasnih dužina narandžaste svetlosti kripton 86 u vakuumu, pri prelasku elektrona sa nivoa $2p_{10}$ na nivo $5d_5$.

Ovakvo definisan etalon dužine naziva se „talasni metar“ i on je neuništiv i može se lako reprodukovati u svakoj laboratoriji sa greškom od svega 10^{-8} %.

Etalon za vreme je jedan sekund. Prvobitno je sekund bio definisan kao $\frac{1}{86400}$ deo srednjeg sunčanog dana. Pri tome se pretpostavljalo da je prividno

kretanje Sunca ravnomerno. Merenjem je utvrđeno da Zemljina rotacija nije stabilna, pa prema tome ni trajanje srednjeg sunčanog dana nije stalno i zbog toga je nastala potreba da se utvrdi drugi etalon za jedinicu vremena koji neće zavistiti od obrtanja Zemlje. Tako je vreme od jednog sekunda definisano kao $\frac{1}{31556925,9747}$

deo tropske godine u 12 sati efemernog (ravnomerno promenljivog) vremena 0 januara 1900. godine.

I ovako definisana jedinica za vreme nije obezbeđivala dovoljnu tačnost pri merenju vremena. Zbog toga je na XIII međunarodnoj konferenciji za tegove i mere, održanoj 1967. godine u Parizu, odlučeno da se uvede nova jedinica za vreme. Otađa nova definicija sekunda je sledeća: *Jedan sekund je trajanje 9192631770 perioda zračenja koje odgovara prelazu između dva hiperfina nivoa osnovnog stanja atoma cezijuma-133.*

Greška pri ovačvoj definiciji etalona vremena od jednog sekunda (s) iznosi svega 10^{-11} %.

Vreme u klasičnoj mehanici je pozitivna skalarna veličina koja se neprekidno menja i uzima se za nezavisno promenljivu veličinu koju ćemo obeležavati sa t . Sve ostale veličine u kinematici se posmatraju kao funkcije vremena. Prilikom merenja vremena u kinematici uvodimo pojam početni trenutak vremena, određeni trenutak vremena i interval vremena.

Početni trenutak vremena ($t_0 = 0$) naziva se trenutak od kada počinjemo da merimo vreme i ono se utvrđuje za svaki konkretni slučaj.

Određeni trenutak vremena t definiše se brojem sekundi koji su protekli od početnog trenutka vremena.

Interval vremena $\Delta t = t_2 - t_1$ naziva se vreme koje protekne između dve određene pojave, odnosno to je razlika između bilo koja dva uzastopna trenutka vremena.

U kinematici proučavamo kretanje krutih tela, tj. tela koja ne menjaju svoj oblik. Tačka je u kinematici isto što i tačka u geometriji.

Različite tačke tela u opštem slučaju mogu se različito kretati u odnosu na utvrđeni sistem referencije. Zbog toga je potrebno prvo proučiti kretanje tačke, a zatim tela. Kinematiku delimo na dva dela i to:

1. kinematiku tačke i

2. kinematiku krutog tela.

Proučavanje kinematike nije značajno samo zbog dinamike, već zbog toga što se proučavanjem geometrijskih svojstava kretanja tela, mogu svestrano proučiti kretanja mehanizama i mašina. Intenzivni razvitak tehnike doveo je u prvoj polovini XIX veka do izdvajanja kinematike u samostalni deo teorijske mehanike, što je omogućilo da se geometrijska svojstva kretanja tela detaljno prouče.