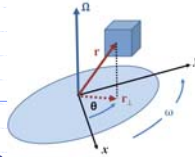
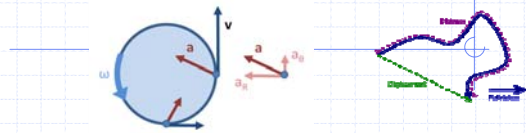


## Kinematika

Oblast mehanike koja proučava kretanje ne uzimajući u obzir uzroke kretanja i osobine tela koja se kreću.



- ◆ Kretanje materijalne tačke. Referentni sistem.
- ◆ Putanja, put, pomeraj i brzina. **Ravnomerno kretanje.** (AP 20-23)
- ◆ **Ubrzanje. Pravolinijsko jednako ubrzano kretanje.** (AP 23-27)
- ◆ **Ubrzanje kod krivolinskog kretanja. Ravnomerno kružno kretanje.** (AP 27-30)
- ◆ **Kosi hitac**
- ◆ **Kinematika rotacionog kretanja. Ugaona brzina i ubrzanje.** (AP 30-33)



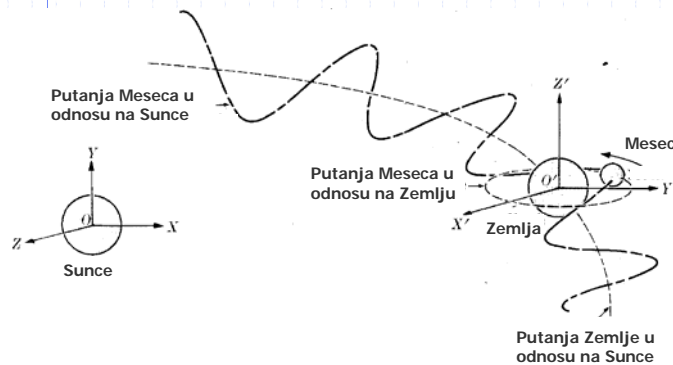
## Kinematika



- ◆ Kretanje materijalne tačke. Referentni sistem.
  - Tela se pri kretanju mogu predstaviti materijalnom tačkom (MT) pri čemu se zanemaruju dimenzije, oblik i masa tela.
  - Kretanjem se naziva promena položaja MT u prostoru i vremenu.
    - ◆ MT se kreće ako menja položaj u odnosu na drugu tačku koja se naziva referentna.
    - ◆ Za referentnu tačku se vezuje određeni referentni sistem u odnosu na koga se određuje stanje mirovanja ili kretanja MT.
  - MT se nalazi u stanju mirovanja ako ne menja položaj u odnosu na referentu. MT se nalazi u stanju kretanja ako menja položaj u odnosu na referentu.
  - Stanje mirovanja i kretanja su relativna.
  - I mirovanje je oblik kretanja. Nema apsolutnog mirovanja.

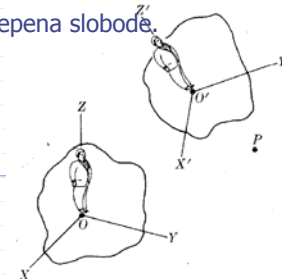
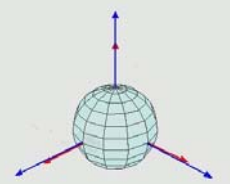
## Kinematika

- ◆ Kretanje materijalne tačke. Referentni sistem.



## Kinematika

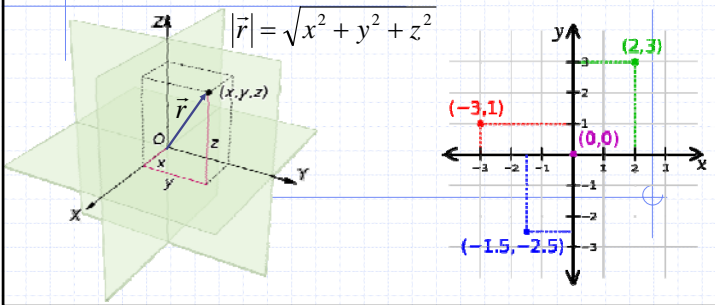
- ◆ Kretanje materijalne tačke. Referentni sistem.
  - ◆ Položaj, odnosno koordinate MT zavise od izabranog referentnog sistema.
  - Obično je referentni sistem nepokretan.
  - Položaj MT se određuje koordinatama u izabranom koordinatnom sistemu.
  - Broj koordinata određuje broj stepena slobode.



## Kinematika

### ◆ Kretanje materijalne tačke. Referentni sistem.

- ▶ Najčešće se koristi pravougli koordinatni sistem.
  - ◆ MT određena sa tri koordinate  $x$ ,  $y$  i  $z$ .
  - ◆ MT određena vektorom položaja.
  - ◆ tri stepena slobode - kretanje u pravcima sve tri ose

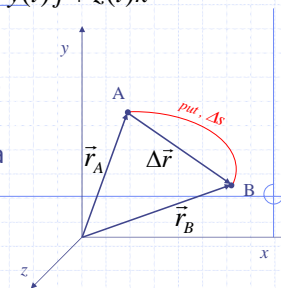


## Kinematika

### ◆ Putanja, put i pomeraj

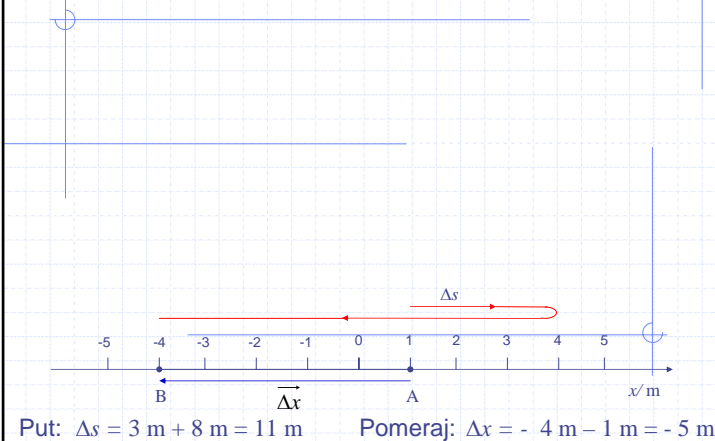
- ▶ Kada se MT kreće njene koordinate se menjaju u vremenu.
  - Niz uzastopnih položaja MT pri kretanju naziva se putanja.
  - Kriva u prostoru koju pri kretanju opisuje MT određena je jednačinom:  $\vec{r}(t) = x(t)\vec{i} + y(t)\vec{j} + z(t)\vec{k}$

- Deo putanje naziva se put.
- Vektor koji spaja tačke A i B zove se vektor pomeraja.
- Pomeraj je promena vektora položaja MT u prostoru.
- Pomeraj je vektor.
- Put je skalar.



## Kinematika

### ◆ Putanja, put i pomeraj



## Kinematika

### ◆ Brzina materijalne tačke

- ▶ Pri kretanju MT pređe put  $\Delta s$ , a pomeraj iznosi  $\Delta \vec{r}$ .
  - Za definisanje kretanja potrebno je poznavati pored pomeraja, i koliko dugo se MT kretala (vreme) i kojom brzinom.

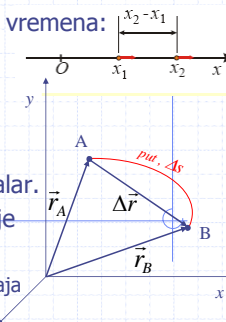
- ▶ Definišu se dve vrste brzina u funkciji vremena:

- ◆ brzina u odnosu na pređeni put (speed)
- ◆ brzina u odnosu na pomeraj (velocity)

- ▶ Za pravolinijsko kretanje obe brzine imaju istu vrednost.

- ▶ Srednja brzina u odnosu na put je skalar.
- ▶ Srednja brzina u odnosu na pomeraj je vektor:

- ◆ ima isti pravac i smer kao i vektor pomeraja
- ◆ intenzitet zavisi od pomeraja i vremena.



## Kinematika

### ◆ Brzina materijalne tačke

#### ■ Definiše se:

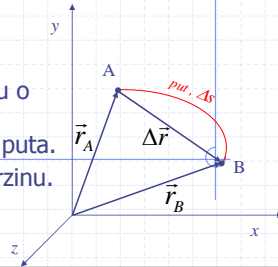
- ♦ srednja brzina u odnosu na put - količnik pređenog puta u nekom vremenskom intervalu i vremenskog intervala:

$$v_{sr} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

- ♦ srednja brzina u odnosu na pomeraj - količnik promene vektora položaja (vektor pomeraja) i intervala vremena u kome je nastupila promena:

$$\vec{v}_{sr} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$$

- Srednja brzina ne daje informaciju o tome šta se dešavalo između početne i krajnje tačke pređenog puta.
- Potrebno je poznavati trenutnu brzinu.



## Kinematika

### ◆ Brzina materijalne tačke

- Trenutna brzina u nekom trenutku se određuje kada vremenski interval  $\Delta t$  teži nuli:

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \vec{v}_{sr} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt}$$

- Vektor trenutne brzine ima pravac tangente u datoj tački putanje a smer odgovara smeru kretanja MT.

## Kinematika

### ◆ Brzina materijalne tačke

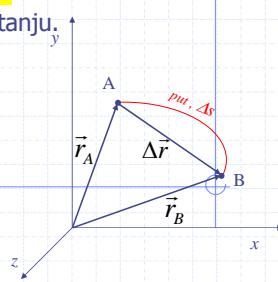
- Smanjivanjem vremenskog intervala vrednost puta se približava vrednosti pomeraja i u graničnom slučaju imaju jednake vrednosti:

$$\vec{v} = \frac{dr}{dt} \vec{r}_0 = \frac{ds}{dt} \vec{r}_0 = v \vec{r}_0$$

- $\vec{r}_0$  jedinični vektor tangente na putanju.
- Jedinica u SI je m/s.
- Koristi se km/h.
- Vektor trenutne brzine ima tri komponente u Dekartovom KS:

$$\vec{v} = \frac{dx}{dt} \vec{i} + \frac{dy}{dt} \vec{j} + \frac{dz}{dt} \vec{k}$$

$$\vec{v} = v_x \vec{i} + v_y \vec{j} + v_z \vec{k}$$



## Kinematika

### ◆ Vrste kretanja

- Za definisanje kretanja potrebno je poznavati neku od sledećih zavisnosti:

$$\vec{r} = \vec{r}(t); \vec{v} = \vec{v}(t); \vec{a} = \vec{a}(t)$$

- Koriste se relacije:

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}; \vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}; \vec{a} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2};$$

- Prema obliku putanje kretanja MT se dele na:
  - ♦ pravolinijska
  - ♦ krivolinijska
- Prema brzini i ubzanju kretanja MT se dele na:
  - ♦ ravnomerna
  - ♦ jednako ubrzana
  - ♦ nejednako ubrzana

## Kinematika

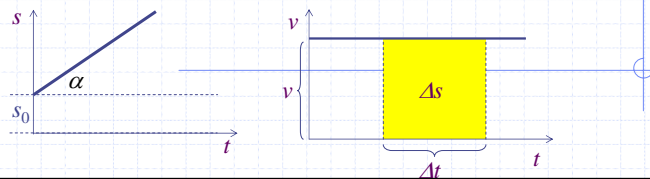
### ◆ Ravnomerno kretanje

- Intenzitet brzine je konstantan.  $v = \frac{ds}{dt} = \text{const}$
- Pravac i smer brzine može biti promenljiv.
- Pređeni put u vremenskom intervalu  $0 \div t$  je linearna funkcija:

$$s = \int_0^t v dt = vt + C$$

$$s = s_0 + vt$$

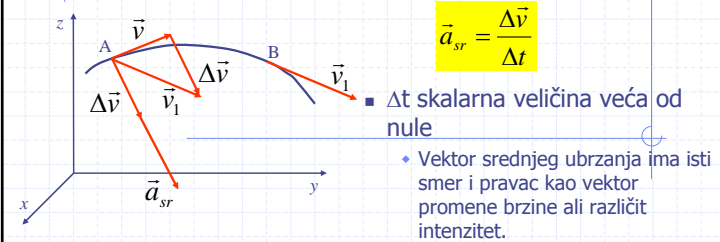
- Koeficijent nagiba zavisi od brzine.  $v = \text{tg } \alpha$



## Kinematika

### ◆ Ubrzanje materijalne tačke

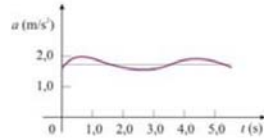
- Pri proizvoljnom kretanju MT vektor brzine može biti promenljiv.
- A,  $t \rightarrow v$ ; B,  $t + \Delta t \rightarrow v_1$
- Vektor promene brzine  $\Delta \vec{v} = \vec{v}_1 - \vec{v}_0$
- Vektor srednjeg ubrzanja u tački A jednak je količniku vektora promene brzine i vremenskog intervala:



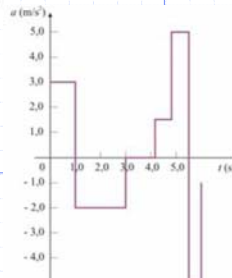
## Kinematika

### ◆ Ubrzanje materijalne tačke

- Primer 1: Srednje ubrzanje se malo razlikuje od trenutnog



- Primer 2: Nagle promene ubrzanja
- Potrebno je odrediti trenutnu vrednost ubrzanja.



## Kinematika

### ◆ Ubrzanje materijalne tačke

- Granična vrednost vektora srednjeg ubrzanja daje vektor trenutnog ubrzanja:

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \vec{a}_{sr} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \vec{v}_{sr} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt}$$

$$\vec{a} = \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2}$$

## Kinematika

### ◆ Ubrzanje materijalne tačke

#### ■ Kod pravolinijskog kretanja:

- ♦ vektori brzine i ubrzanja imaju isti pravac (smer je različit ako se radi o usporenom kretanju)
- ♦ pređeni put i pomeraj imaju istu brojčanu vredost

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt} \left( \frac{ds}{dt} \right) = \frac{d^2s}{dt^2}$$

- Jedinica je m/s<sup>2</sup>.
- Vektor trenutnog ubrzanja ima tri komponente u Dekartovom KS:

$$\vec{a} = \frac{d^2x}{dt^2} \vec{i} + \frac{d^2y}{dt^2} \vec{j} + \frac{d^2z}{dt^2} \vec{k}$$

$$\vec{a} = a_x \vec{i} + a_y \vec{j} + a_z \vec{k}$$

## Kinematika

### ◆ Pravolinijsko jednako ubrzano kretanje

#### ■ Kretanje po pravoj liniji sa konstantnim ubrzanjem.

$$a = \frac{dv}{dt} = a_{sr} = \frac{v - v_0}{t - t_0} = \text{const}$$

- Vektori pomeraja, brzine i ubrzanja su istog pravca i kolinearni sa putanjom.

#### ■ Kretanje može biti:

- ♦ ubrzano
  - smerovi vektora brzine i ubrzanja isti
  - brzina MT se povećava
- ♦ usporeno
  - smerovi vektora brzine i ubrzanja različiti
  - brzina MT se smanjuje.

## Kinematika

### ◆ Pravolinijsko jednako ubrzano kretanje

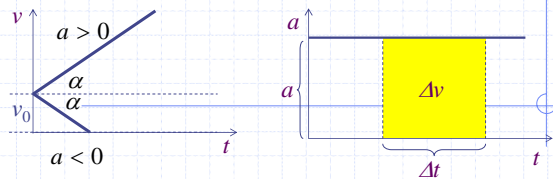
#### ■ Zakon promene brzine u vremenskom intervalu 0÷t je linearna funkcija:

$$v = \int_0^t a dt = at + C$$

$$v = v_0 \pm at$$

- Koeffcijent nagiba zavisi od brzine:  $a = \text{tg } \alpha$

- Kada je početna brzina nula:  $v = at$



## Kinematika

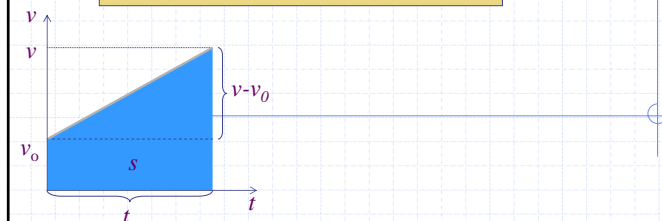
### ◆ Pravolinijsko jednako ubrzano kretanje

#### ■ Pređeni put je kvadratna funkcija vremena:

$$s = \int_0^t v dt = \int_0^t (v_0 \pm at) dt = \int_0^t v_0 dt \pm \int_0^t at dt$$

$$s = v_0 t \pm a \frac{t^2}{2} + C$$

$$s = s_0 + v_0 t \pm a \frac{t^2}{2}$$



## Kinematika

- ◆ Pravolinijsko jednako ubrzano kretanje
- slobodan pad

$$s = s_0 + v_0 t \pm a \frac{t^2}{2}$$

$$s = g \frac{t^2}{2}$$

$$v = v_0 \pm at$$

$$v = gt$$

$$s = \frac{v^2}{2g}$$

- ◆ Kada telo pada sa visine h pri udaru dostiže brzinu:

$$v = \sqrt{2gh}$$

y

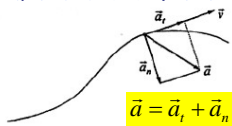
## Kinematika

- ◆ Ubrzanje kod krivolinijskog kretanja
  - Vektor ubrzanja nema isti pravac kao vektor brzine.
  - Vektor ubrzanja ima isti pravac kao vektor promene brzine.
  - Pravac brzine se menja u smeru savijanja putanje.
  - Vektor ubrzanja je uvek usmeren prema udubljenju putanje - nije ni tangenta ni normala na putanju.
  - Vektor ubrzanja zaklapa sa vektorom brzine ugao različit od nule.



## Kinematika

- ◆ Ubrzanje kod krivolinijskog kretanja
  - Može se rastaviti na dve međusobno normalne komponente:
    - ♦ tangencijalno ubrzanje u pravcu tangente na putanju (odnosno u pravcu brzine)
    - ♦ normalno ubrzanje u pravcu normale na putanju (odnosno u pravcu poluprečnika krivine)



$$a_n = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{|\Delta \vec{v}|}{\Delta t}$$

$$a_t = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt}$$

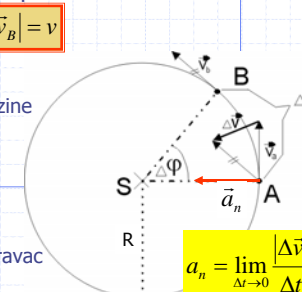
$$\vec{a} = \vec{a}_t + \vec{a}_n$$

- Normalna komponenta se javlja zbog promene pravca brzine.
- Tangencijalna komponenta se javlja zbog promene brojne vrednosti brzine.

## Kinematika

- ◆ Ravnomerno kružno kretanje
  - MT se kreće po kružnoj liniji.
  - Brzina
    - ♦ je konstantnog intenziteta a promenljivog pravca.
    - ♦ ima uvek pravac tangente na kružnoj liniji.
  - Kretanje MT po kružnoj liniji poluprečnika R
    - ♦ t:  $\vec{v}_A = \vec{v}$
    - ♦ t+Δt: B,  $\vec{v}_B = \vec{v}_A + \Delta \vec{v}$
    - ♦ MT je prešla put ΔS
    - ♦ B→A, pravac vektora promene brzine se približava pravcu poluprečnika putanje
    - ♦ B←A, vektor promene brzine je upravan na vektor brzine i ima pravac poluprečnika
    - ♦ vektor normalnog ubrzanja ima pravac vektora promene brzine

$$|\vec{v}_A| = |\vec{v}_B| = v$$



$$a_n = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{|\Delta \vec{v}|}{\Delta t}$$

## Kinematika

### ◆ Ravnomerno kružno kretanje

#### ■ Normalno ubrzanje:

- ♦ ima pravac poluprečnika;
- ♦ usmeren je ka centru;
- ♦ često se naziva radijalno ili centripetalno ubrzanje.

#### ■ Pređeni put od tačke A do B jednak je dužini luka:

$$\Delta S = R\Delta\varphi$$

#### ■ Iz jednakokrakog trougla

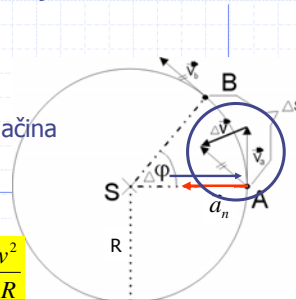
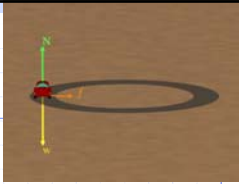
$$|\Delta\vec{v}| = v\Delta\varphi$$

#### ■ Eliminacijom ugla iz gornjih jednačina

$$|\Delta\vec{v}| = v \frac{\Delta S}{R}$$

#### ■ Normalno ubrzanje:

$$a_n = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{|\Delta\vec{v}|}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{v}{R} \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{v^2}{R}$$



## Kinematika

### ◆ Ravnomerno kružno kretanje

#### ■ Normalno ubrzanje:

- ♦ srazmerno je kvadratu brzine;
- ♦ obrnuto srazmerno poluprečniku kružne putanje.

$$a_n = \frac{v^2}{R}$$

#### ■ Tangencijalno ubrzanje je jednako nuli jer nema promene intenziteta brzine:

$$a_t = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt} = 0$$

- Ubrzanje kod promenljivog kružnog kretanja ima i normalnu i tangencijalnu komponentu,
- Ubrzanje kod kružnog kretanja ne može biti nula.
  - ♦ Krivolinijsko kretanje je uvek ubrzano.

## Kinematika

### ◆ Kosi hitac

#### ■ Kretanje tela pod dejstvom zemljine tež

- ♦ Jednoliko kretanje tela početnom brzinom;  $\vec{v}_0$
- ♦ Kretanje pod uglom  $\alpha$  u odnosu na horizontalnu osu;
- ♦ Kretanje u vertikalnoj ravni.

#### ■ Karakteristike:

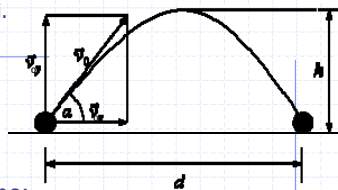
- ♦ Početna brzina
- ♦ Domet hica
- ♦ Maksimalna visina hica
- ♦ Vreme leta

#### ■ Komponente početne brzine:

$$v_{0x} = v_0 \cos \alpha$$

$$v_{0y} = v_0 \sin \alpha$$

$$\vec{v}_0 = v_{0x}\vec{i} + v_{0y}\vec{j}$$



## Kinematika

### ◆ Kosi hitac

#### ■ Kretanje tela

- ♦ U horizontalnom pravcu –  
ravnomerno kretanje  
konstantnom brzinom;
- ♦ U vertikalnom pravcu –  
jednoliko usporeno, odnosno jednoliko ubrzano;

#### ■ Trenutne brzine:

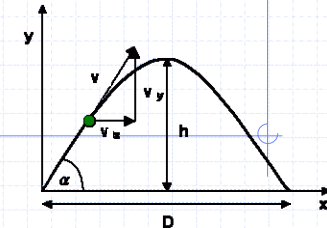
$$v_x = v_{0x} = v_0 \cos \alpha$$

$$v_y = v_{0y} - gt = v_0 \sin \alpha - gt$$

#### ■ Pređeni put:

$$x = v_x t = v_0 t \cos \alpha$$

$$y = v_{0y} t - \frac{gt^2}{2} = v_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2}$$



## Kinematika

### ◆ Kosi hitac

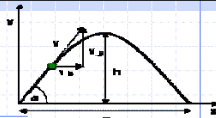
- Kada se telo nalazi na najvećoj visini brzina u vertikalnom pravcu je jednaka nuli:

$$v_y = v_0 \sin \alpha - gt = 0 \Rightarrow t_h = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$$

- Dobija se vreme potrebno da telo dostigne najveću visinu.
- Najveća visina:

$$h = v_0 t_h \sin \alpha - \frac{gt_h^2}{2}$$

$$h = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$



## Kinematika

### ◆ Kosi hitac

- Putanja ima oblik parabole:

$$\begin{aligned} x &= v_0 t \cos \alpha \\ y &= v_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2} \end{aligned} \Rightarrow y = x \operatorname{tg} \alpha - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

- Vreme trajanja hica:

- ♦ Dvostruko veće od vremena potrebnog da se dostigne maksimalna visina (putanja ima oblik parabole)

$$t = 2t_h = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$$

- Maksimalni domet:

$$y = d \operatorname{tg} \alpha - \frac{gd^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} = 0 \Rightarrow$$

$$d = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

## Kinematika

### ◆ Kinematika rotacionog kretanja krutog tela

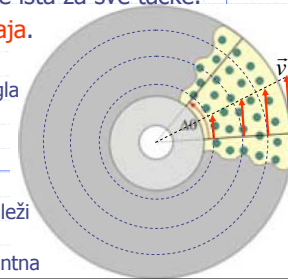
- Kod rotacionog kretanja tela dimenzije tela se ne mogu zanemariti.
- Sile koje dovode do kretanja deformišu realna tela.
- Radi uprošćavanja posmatra se kruto telo:
  - ♦ ne deformiše se pri dejstvu sile,
  - ♦ sastavljeno je od ogromnog broja MT koje su međusobno nepokretne,
  - ♦ svaka tačka tela se kreće i opisuje svoju putanju.
- Oblici kretanja:
  - ♦ translatorno,
  - ♦ rotaciono.



## Kinematika

### ◆ Kinematika rotacionog kretanja krutog tela

- Kod rotacionog kretanja krutog tela sve MT opisuju krugove, čiji centri leže na jednoj pravoj koja se naziva osa rotacije.
- Sve MT nemaju istu periferijsku brzinu koja zavisi od rastojanja MT od ose rotacije - dalje rotiraju brže.
- Promena ugla koga opisuju MT je ista za sve tačke.
- Uvodi se pojam **ugaonog pomeraja**.
  - ♦ vektor,
  - ♦ intenzitet brojno jednak promeni ugla
  - ♦ pravac - osa rotacije,
  - ♦ smer pravilo desnog zavrtnja.
- **Ravnomerno rotaciono kretanje:**
  - ♦ svaka MT kreće se po kružnici koja leži u ravni upravnoj na osi rotacije
  - ♦ brzina rotacija na kružnici je konstantna





## Kinematika

### ◆ Kinematika rotacionog kretanja krutog tela

#### ■ Kod neravnomernog rotacionog kretanja:

- ♦ intenzitet periferne brzine se menja,
- ♦ menja se i ugaona brzina i određuje kao prvi izvod ugaonog pomeraja po vremenu,

$$\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \theta}{\Delta t} = \frac{d\theta}{dt}$$

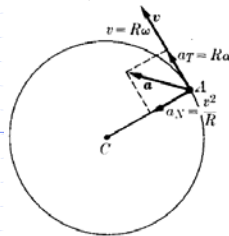
#### ■ Periferijsko ubrzanje nije isto za sve MT i ima dve komponente:

- ♦ normalnu (radijalnu)

$$a_n = \frac{v^2}{R}$$

- ♦ tangencijalnu

$$a_t = \frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt}(\omega R) = R \frac{d\omega}{dt}$$



## Kinematika

### ◆ Kinematika rotacionog kretanja krutog tela

#### ■ Kod neravnomernog rotacionog kretanja sve MT imaju isto ugaono ubrzanje:

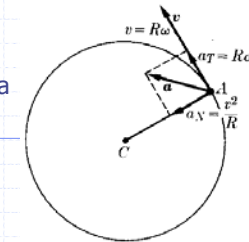
- ♦ vektor koaksijalan sa ugaonom brzinom,
- ♦ smer zavisi od priraštaja ugaone brzine (isti smer kod ubrzanog kretanja, suprotni kod usporenog kretanja),
- ♦ intenzitet je definisan promenom ugaone brzine sa vremenom:

$$\alpha = \frac{d\omega}{dt}$$

#### ■ Tangencijalna komponentna ubrzanja može se izračunati i kao:

$$a_t = R\alpha$$

$$\vec{a}_t = \vec{\alpha} \times \vec{R}$$



## Test pitanja - kolokvijum

### 1. Šta su putanja, put i pomeraj. Razlika između puta i pomeraja.

- Niz uzastopnih položaja MT pri kretanju naziva se putanja. Deo putanje naziva se put. Pomeraj je promena vektora položaja MT u prostoru.
- Put je skalar, pomeraj je vektor.

### 2. Šta je srednja brzina u odnosu na put.

- Srednja brzina u odnosu na put je skalarna veličina i definiše se kao količnik pređenog puta u nekom vremenskom intervalu i vremenskom intervalu.

$$v_{sr} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

### 3. Šta je srednja brzina u odnosu na pomeraj.

- Srednja brzina u odnosu na pomeraj je vektorska veličina i predstavlja količnik promene (vektor pomeraja i intervala vremena u kome je nastupila promena. Ima isti pravac i smer kao vektor pomeraja.

$$\vec{v}_{sr} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$$

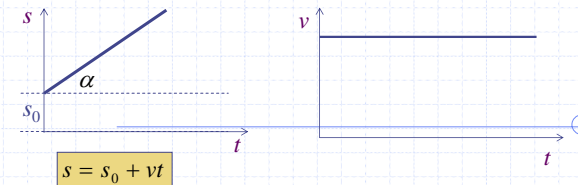
## Test pitanja - kolokvijum

### 4. Podela kretanja prema obliku putanje i promeni brzine i ubrzanja

- Prema obliku putanje: pravolinijska i krivolinijska.
- Prema promeni brzine i ubrzanja: ravnomerno kretanje, jednako ubrzano i nejednako ubrzano.

### 5. Karakteristike ravnomernog kretanja.

- Intenzitet brzine je konstantan. Pravac i smer brzine može biti promenljiv. Pređeni put je linearna funkcija vremena.



## Test pitanja - kolokvijum

### 6. Šta je vektor srednjeg ubrzanja.

Vektor srednjeg ubrzanja jednak je količniku vektora promene brzine i vremenskog intervala. Ima isti smer i pravac kao vektor promene brzine.

$$\vec{a}_{sr} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

### 7. Karakteristike pravolinijskog ubrzanog kretanja.

- Kretanje po pravoj liniji. Ubrzanje konstantno – može biti pozitivno (ubrzano kretanje), odnosno negativno (usporeno kretanje). Vektori pomeraja, brzine i ubrzanja kolinearni.
- Promena brzine je linearna funkcija vremena, a promena pređenog puta je kvadratna funkcija vremena.



## Test pitanja - kolokvijum

### 8. Karakteristike vektora ubrzanja kod krivolinijskog ubrzanja.

Vektor ubrzanja i brzine nemaju isti smer. Zaklapaju neki međusobni ugao. Vektor brzine ima smer tangente na putanju kretanja, a vektor ubrzanja nije ni tangenta ni normala i uvek je usmeren ka udubljenju putanje.

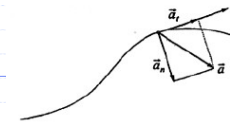
### 9. Komponente vektora ubrzanja kod krivolinijskog ubrzanja.

- tangencijalno ubrzanje u pravcu tangente na putanju (odnosno u pravcu brzine).
- normalno ubrzanje u pravcu normale na putanju (odnosno u pravcu poluprečnika krivine)

$$\vec{a} = \vec{a}_t + \vec{a}_n$$

$$a_n = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{|\Delta \vec{v}|}{\Delta t}$$

$$a_t = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt}$$



## Test pitanja - kolokvijum

### 10. Karakteristike ravnomernog kružnog kretanja.

- Brzina je konstantnog intenziteta a promenljivog pravca (pravac tangente na putanju).
- Normalna komponenta ubrzanja ima pravac poluprečnika kružne linije, usmerena je ka centru a intenzitet je srazmeran kvadratu brzine i obrnuto srazmeran poluprečniku kružne putanje.
- Tangencijalna komponenta ubrzanja jednaka nuli.

$$a_n = \frac{v^2}{R}$$

### 11. Karakteristike ravnomernog rotacionog kretanja.

- Periferijska brzina materijalnih tačaka koje se kreću istom kružnom linijom je ista.
- Ugaona brzina svih materijalnih tačaka je ista i nepromenljiva.
  - Ugaona brzina je vektor sa pravcem koji odgovara osi rotacije a smer se određuje pravilom desnog zavrtnja (pravilo desne šake).
  - intenzitet je brojno jednak promeni ugla u jedinici vremena

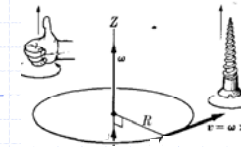
$$\vec{\omega} = \frac{\Delta \vec{\theta}}{\Delta t}$$

## Test pitanja - kolokvijum

### 12. Veza između periferijske i ugaone brzine.

- Intenzitet periferijske brzine srazmeran je ugaonoj brzini i poluprečniku kružne linije:  $v = R\omega$

- Vektorski:  $\vec{v} = \vec{\omega} \times \vec{R}$



### 13. Karakteristike neravnomernog rotacionog kretanja.

- Periferijska brzina materijalnih tačaka koje se kreću istom kružnom linijom nije ista.
- Ugaona brzina svih materijalnih tačaka je ista i promenljiva.
- Periferijsko ubrzanje ima normalnu i tangencijalnu komponentu i isto je za sve tačke koje se kreću istom kružnom linijom.
- Sve materijalne tačke imaju isto ugaono ubrzanje.