

Fizika

- VFP, tor 8:00 (3), čet 8:00 (2)
- Predavatelj: Marko Mikuž
 - e-pošta: Marko.Mikuz@ijs.si
 - telefon: 01/477 3634
 - GSM: 041 643397
- Asistenti
 - Matej Komelj
 - Uroš Kostić (2 skupini)
 - Martin Horvat
- Skupine pri fiziki:
 1. 8-10 A-Hočevar
 2. 10-12 Hojnik-Majer
 3. 12-14 Marinko-Sever
 4. 14-16 Simčič-Ž
- Skupine pri matematiki:
 1. 10-12 A-Gotar
 2. 14-16 Grabnar-Korošec
 3. 8-10 Kovač-Ožbolt
 4. 16-18 Peric-Strle
 5. 12-14 Šavrič-Žnidarič

- Fizika

- Mehanika
- Toplota
- Elektriika in magnetizem
- Optika
- Moderna fizika

- Literatura

- Halliday, Resnick, Walker; Fundamentals of Physics (Extended), Wiley & Sons
- Strnad: Fizika I, II, (III), DZS
- Kladnik: Osnove fizike I, II, III
- Zbirke nalog: knjižice DMFA, splet

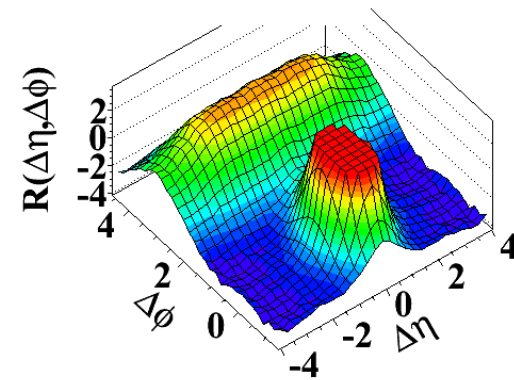
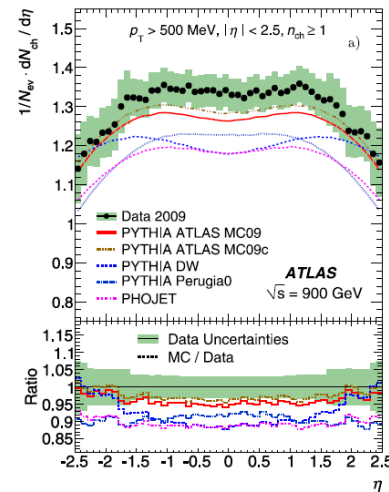
Meritve

Naravoslovje:

→ Opazovanje pojavov → meritev →
splošne zakonitosti → teorija →

- 1000 meritev teorije ne more potrditi, ena sama jo lahko ovrže !
- Fizikalna količina ↔ meritev
 - Primerjava: enota + predpis
- Mehanika: 3 osnovne enote (od 7)
 - Čas [s]; nihaji atoma Cs
 - Dolžina [m]; pot svetlobe v vakuumu
 - Masa [kg]; prakilogram
- Vse ostale enote izpeljanke iz osnovnih; npr. $W = J/s = kg \cdot m^2/s^3$
- Še tok [A], temperatura [K], svetilnost [cd], množina snovi [mol]

- Meritve: rezultat + napaka
 - npr: $c = 301000 \text{ km/s}$
 - Nova fizika ?
 - Nenatančen poskus
 - Napaka pri interpretaciji
- Predstavitev meritev
 - Tabela
 - Graf (2-D, ~3-D)
 - Merske točke z napako
 - Teorija → modelska funkcija
 - Skladnost meritve z napovedjo ?



Mehanika

Gibanje

- Opis gibanja – kinematika
- Napoved gibanja – dinamika

Kaj opisujemo ?

- Od preprostega k zapletenemu
- Točkasto telo \rightarrow sistem t.t. \rightarrow togo telo \rightarrow deformacije

Abstrakcija: povzamemo le lastnosti telesa, ki so bistvene za gibanje

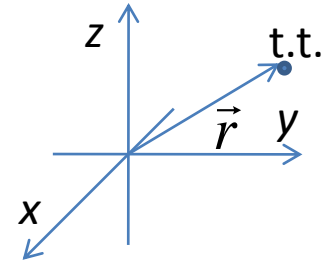
Kje opisujemo ?

- Opazovalni sistem
 - Koordinatni sistem
 - Ura

Točkasto telo: lega v opazovalnem sist.

- Radij vektor: $\vec{r} = (x, y, z)$ [m]

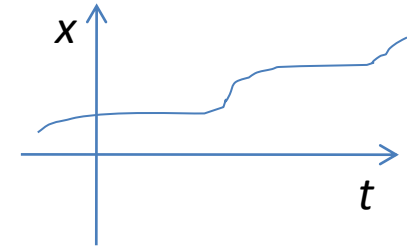
Opis gibanja:



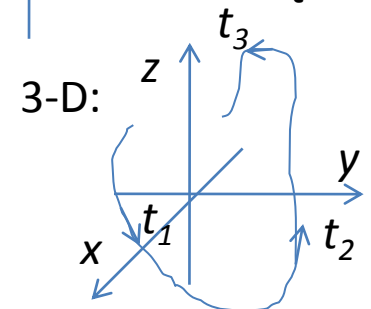
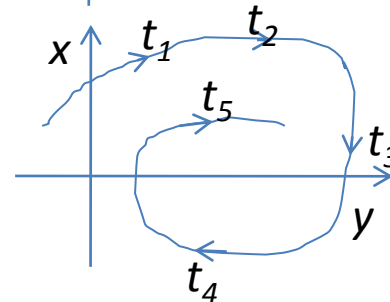
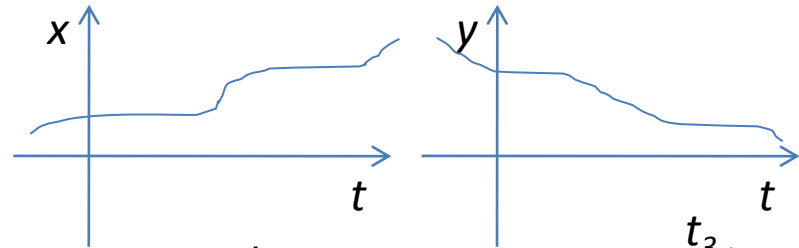
$$\vec{r}(t) = (x(t), y(t), z(t))$$

Graf: tir $\vec{r}(t)$

- 1-D: $x(t)$



- 2-D:



3 projekcije

Kinematika

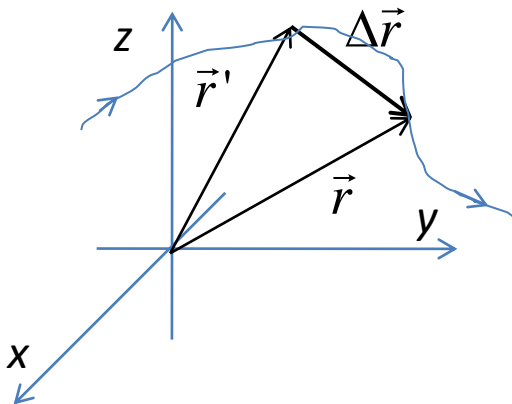
- Premik: $\vec{r} - \vec{r}' = \Delta\vec{r}$
 Δ - diferenca (razlika): konec - začetek
 d - diferencial: zelo majhna razlika

- Pot: $s = \int_{\vec{r}'}^{\vec{r}} |d\vec{r}| = \int ds$ [m]

$$ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2$$

- 1-D: $s = \int_{x'}^x |dx|$

- 3-D: krivuljni integral (težko)



- Časovni interval: $t - t' = \Delta t$

- Hitrost

- Povprečna na časovnem intervalu

$$\vec{v} = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t} \quad \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

- Smer sekante na tir

- Trenutna hitrost: interval \rightarrow trenutek
 – Limitni proces: diferenca \rightarrow diferencial

$$dt = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \Delta t$$

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \dot{\vec{r}} = \vec{r}'(t)$$

$$\vec{v} = (v_x, v_y, v_z) = \left(\frac{dx}{dt}, \frac{dy}{dt}, \frac{dz}{dt} \right)$$

- Odvod radij vektorja po času
- Smer tangente na tir

Kinematika

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} \Rightarrow \int_{\vec{r}'}^{\vec{r}} d\vec{r} = \int_{t'}^t \vec{v} dt$$

$$\vec{r} = \vec{r}' + \int_{t'}^t \vec{v} dt$$

- Pospešek: sprememba hitrosti

– Povprečni

$$\vec{a} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} \quad \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

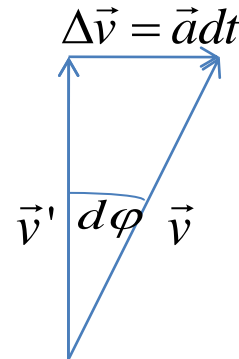
– Trenutni

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

$$\vec{a} = \left(\frac{dv_x}{dt}, \frac{dv_y}{dt}, \frac{dv_z}{dt} \right) = \left(\frac{d^2x}{dt^2}, \frac{d^2y}{dt^2}, \frac{d^2z}{dt^2} \right)$$

Pospešek: komponenti glede na hitrost

- $\vec{a} \parallel \vec{v}$ - spreminja velikost hitrosti
 $d\vec{v} = \vec{a} dt \parallel \vec{v} \Rightarrow |\vec{v}| = |\vec{v}'| + |\vec{a}| dt$
- $\vec{a} \perp \vec{v}$ - spreminja smer hitrosti



$$\sin d\varphi = \frac{|\vec{a}| dt}{|\vec{v}|}$$

$$\Rightarrow d\varphi = \frac{a}{v} dt$$

$$|\vec{v}| = \sqrt{|\vec{v}'|^2 + |\vec{a}|^2 dt^2} \approx$$

$$\approx |\vec{v}'| \left(1 + \frac{1}{2} \left(\frac{|\vec{a}|}{|\vec{v}'|} \right)^2 dt^2 \right) \approx |\vec{v}'|$$

Kinematika – prosti pad

Prosti pad – zgled za enakomerno pospešeno gibanje



$$a_y = -g = \frac{dv_y}{dt}$$

$$\int_{v'_y}^{v_y} dv_y = \int_{t'}^t -g dt$$

$$v_y - v'_y = -g(t - t')$$

$$t' = 0: v_y = v'_y - gt$$

$$v_y = \frac{dy}{dt} \Rightarrow$$

$$\int_{y'}^y dy = \int_{t'=0}^t v_y dt = \int_0^t (v'_y - gt) dt$$

$$y = y' + v'_y t - \frac{g}{2} t^2$$

$$y = y' + v'_y t - \frac{g}{2} t^2 \Rightarrow$$

$$t = \frac{-v'_y \pm \sqrt{v'^2_y - 2g(y - y')}}{-g}$$

$$v_y = \sqrt{v'^2_y - 2g(y - y')}$$

$$v_y^2 = v'^2_y - 2g(y - y')$$

Hitreje, a več matematičnega znanja:

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dx} \frac{dx}{dt} = v \frac{dv}{dx}$$

$$\int_{v'}^v v dv = \int_{x'}^x a dx \Rightarrow \frac{1}{2} (v^2 - v'^2) = a(x - x')$$

$$v^2 = v'^2 + 2a(x - x')$$

Kinematika – enakomerno kroženje

Kroženje – zgled za gibanje v dveh dimenzijah

$\varphi(t)$ – kot

- Polarne koordinate

- $r = \text{konst.}$

$\Delta\varphi = \varphi - \varphi'$ – zasuk

Ločna mera: radian: $\varphi = l/r$ [rd]

Kotna hitrost

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} \quad \left[\frac{\text{rd}}{\text{s}} = \text{s}^{-1} \right]$$

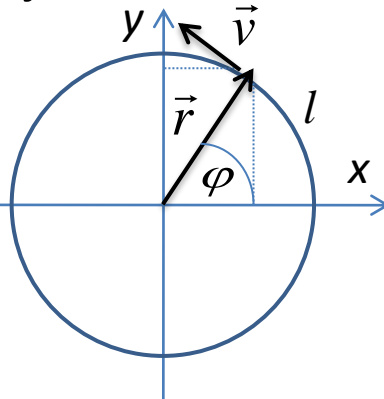
Frekvenca: obrati v časovni enoti

$$\nu = \frac{1}{t_0} \quad [\text{s}^{-1} = \text{Hz}] \quad \text{Hertz}$$

t_0 – obhodni čas

Obrat – zasuk 2π :

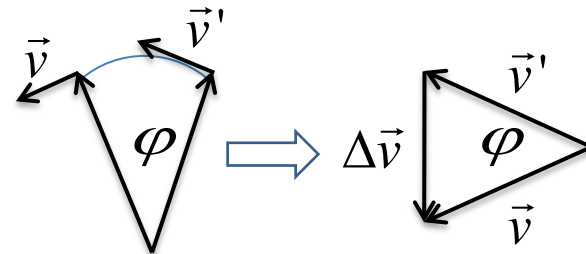
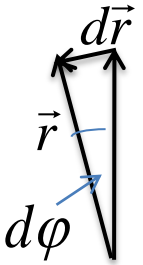
$$\omega = \frac{2\pi}{t_0} = 2\pi\nu$$



\vec{v} smer tangente $\perp \vec{r}$

$$|\vec{v}| = \left| \frac{d\vec{r}}{dt} \right| = r \frac{d\varphi}{dt} = r\omega$$

Hitrost (vektor!) spreminja smer \rightarrow pospešeno gibanje



$$|\vec{a}| = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{|\Delta\vec{v}|}{\Delta t} = 2v \lim_{\Delta t, \Delta\varphi \rightarrow 0} \frac{\sin(\Delta\varphi/2)}{\Delta t}$$

$$a_c = v\omega = \omega^2 r = \frac{v^2}{r}$$

Smer $\vec{a}_c \parallel \Delta\vec{v}$: centripetalni, radialni, sredotežni pospešek

Kinematika – neenakomerno kroženje

$\varphi = \varphi(t)$ – kot

$\Delta\varphi = \varphi - \varphi'$ – zasuk

$\omega = \frac{d\varphi}{dt}$ – kotna hitrost

$\alpha = \frac{d\omega}{dt}$ – kotni pospešek [s^{-2}]

Lok $l = \varphi \cdot r$

Obodna hitrost $v = \omega \cdot r$

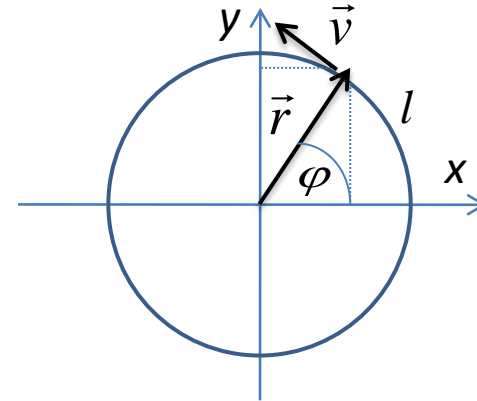
Tangentni pospešek $a_t = \alpha \cdot r$

Skupni pospešek $\vec{a} = \vec{a}_c + \vec{a}_t$

\vec{a}_c - spreminja smer hitrosti

\vec{a}_t - spreminja velikost hitrosti

Opis z vektorji: enakomerno kroženje



$$\vec{r} = r(\cos \varphi, \sin \varphi) = r(\cos \omega t, \sin \omega t)$$

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \omega r(-\sin \omega t, \cos \omega t)$$

$$\vec{v} \cdot \vec{r} = 0 \Rightarrow \vec{v} \perp \vec{r}$$

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = -r\omega^2(\cos \omega t, \sin \omega t) = -\omega^2 \vec{r}$$

$$\Rightarrow \vec{a} \parallel -\vec{r} \quad \vec{a} = \vec{a}_c$$

Poševni met

Zgled gibanja v 2-D

- Enakomerno v vodoravni smeri
- Enakomerno pospešeno v navpični smeri
- Gibanji v obeh smereh neodvisni

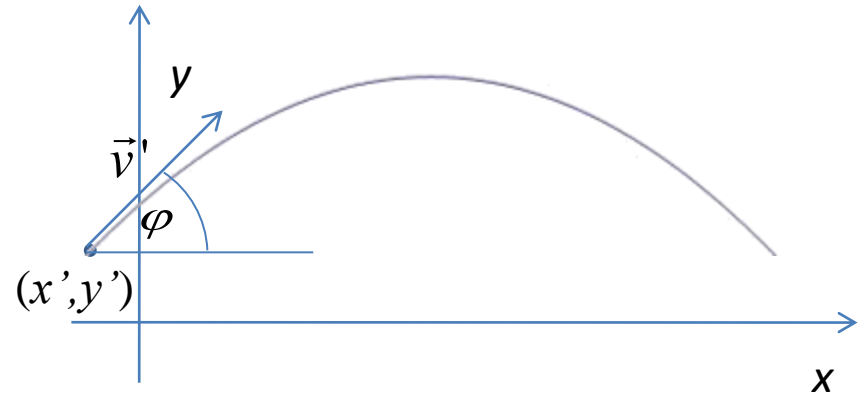
$$a_x = 0 \quad a_y = -g \quad |\vec{v}'| = v_0$$

$$v_x = v'_x = v_0 \cos \varphi$$

$$x = x' + v_0 \cos \varphi \cdot t$$

$$v_y = v'_y - gt = v_0 \sin \varphi - gt$$

$$y = y' + v_0 \sin \varphi \cdot t - \frac{g}{2} t^2$$



Tir:
$$y - y' = \operatorname{tg} \varphi (x - x') - \frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \varphi} (x - x')^2$$
 parabola

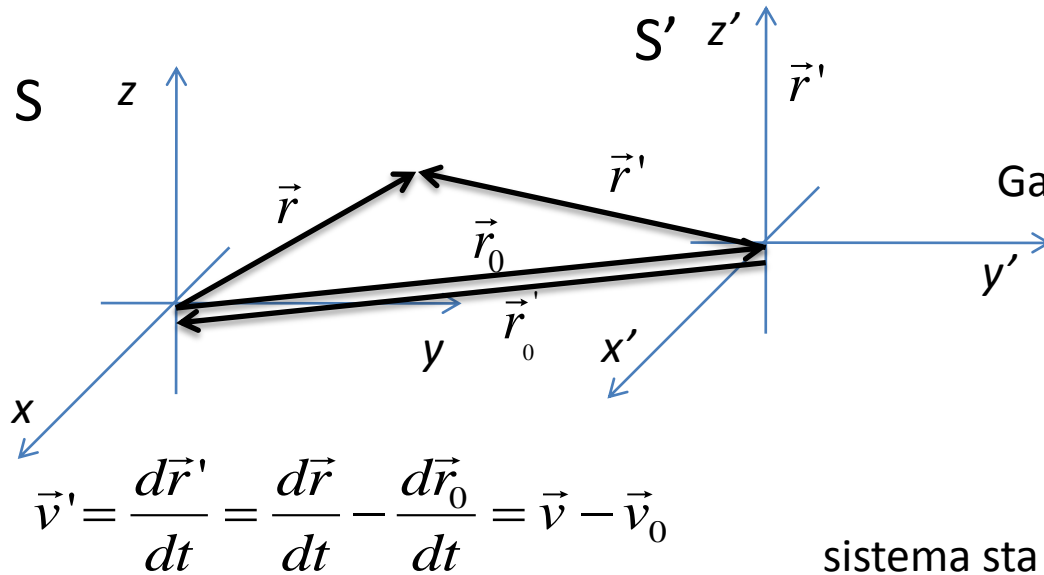
Domet: $y = y' \Rightarrow t = 0, \frac{2v_0 \sin \varphi}{g}$ 2 x čas do najvišje točke

$$d = x - x' = \frac{v_0^2}{g} 2 \sin \varphi \cos \varphi = \frac{v_0^2}{g} \sin 2\varphi \quad \text{max za } \varphi = \pi/4$$

Relativno gibanje

Opis gibanja iz različnih opazovalnih sistemov: S in S'

- Uri tečeta enako: $t = t'$
- Osi koordinatnih sistemov vzporedni



$$\vec{r} = \vec{r}' + \vec{r}_0$$

$$\vec{r}' = \vec{r} - \vec{r}_0$$

$$\underbrace{\vec{r}'}_{v S'} = \underbrace{\vec{r}}_{v S} - \underbrace{\vec{r}_0}_{v S}$$

Gallilejeva transformacija: S \rightarrow S'

$$\vec{r} = \vec{r}' + \vec{r}_0$$

$$\underbrace{\vec{r}}_{v S} = \underbrace{\vec{r}'}_{v S'} + \underbrace{\vec{r}_0}_{v S}$$

obratna tr.: S' \rightarrow S

sistema sta ekvivalentna \rightarrow načelo relativnosti

inercialni opazovalni sistemi: se gibljejo premo in enakomerno drug proti drugemu

Zemlja ni zares inercialni op. sist. (vetrovi, tokovi, stolp v Pisi)

ponavadi lahko neinercialnost na Zemlji zanemarimo (idealizacija)

v in. op. sist.: $\vec{a}_0 = 0$: $\vec{a}' = \vec{a} - \vec{a}_0 = \vec{a}$

pospeški v vseh in. op. sist. enaki