OSNOVNI POJMI FIZIKE

× meritev

× osnovni količini sta razdalja in čas

- Kaj je 1 s?

Okoli 1900: 1 sekunda je $1\ \text{leto} = 365 \cdot 24 \cdot 3600\ s$

(enota za 1 leto je leto 1900, saj je vsako leto različno, zaradi počasnejšega gibanja Zemlje, različne lege lune itd.)

1967: na principu atomske ure, ki ima za atom cezijev izotop ^{133}Cs, katera spravijo v točno določeno nihanje. To nihanje je neodvisno od bilo česa. 1 sekunda ustreza 9192631770 nihajev $\in \mathbb{N}$ $\pm 10^{-10}$

danes: $\pm 10^{-16}$ $\pm 1s \sim 4 \cdot 10^{9}$

- Kaj je 1 m?

francoska definicija: Obseg Zemlje = 40.000.000 m

1983: 1 meter je razdalja, ki jo svetloba prepotuje v nekem času

$1m = c \cdot t_m$

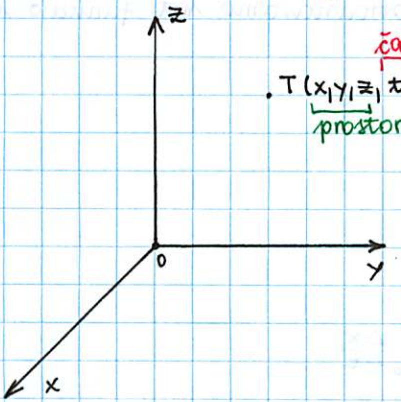
$t_m = 2999792458^{-1}\ s$

$c \equiv 2999792458\ m/s$ ← hitrost svetlobe

KINEMATIKA

→ opis gibanja (= torej nas ne zanimajo vzroki (ZAKAJ?) in posledice (KAJ BO?), ampak le kako gre - opis)

→ koordinatni sistem (= dogodek zapišemo z običajnimi vektorji, npr.: $\vec{r} = (x(t), y(t), z(t)) = \vec{r}(t)$)

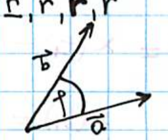


$. T(\underbrace{x, y, z}_{\text{prostor}}, \overbrace{t}^{\text{čas}})$ } ukvarjamo se s 4 dimenzijami

Vektor označimo: $\vec{r}, \underline{r}, r, \mathbf{r}, \vec{r}$

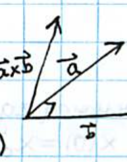
Skalarni produkt:

$\vec{a} \cdot \vec{b} = a_x b_x + a_y b_y + a_z b_z$



Vektorski produkt:

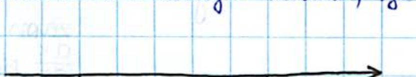
$\vec{a} \times \vec{b} = \vec{a} \wedge \vec{b} = (a_y b_z - a_z b_y, -(a_x b_z - a_z b_x), a_x b_y - a_y b_x)$



$|\vec{c}| = a \cdot b \cdot \sin\varphi = |\vec{a}||\vec{b}| \cdot \sin\varphi$

→ telo (= karkoli, kar ima maso), ki je točkasto (= ima samo lego, orientacija telesa nas ne zanima, ker je tako majhno.)

→ hitrost (točkastega telesa) je definirana z odvodom



$$\lim_{x_2 \to x_1} \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = v$$

(= hitrost je torej razmerje med koliko metrov telo opravi na sekundo oz. nek čas ~ odvisna je torej od lege in časa.)

ZGODOVINA: Isaac Newton (1643 - 1727)

$x(t)$: $\dot{x} = x'$

$\ddot{x} = x''$

$y' = \frac{dy}{dx}$

Gottfried Leibnitz (1646 - 1716)

$$\frac{dx}{dt} = \dot{x} = x'$$

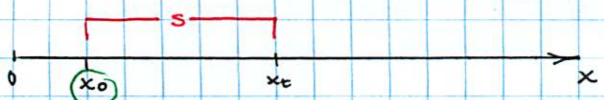
$$\frac{d}{dt} \cdot \frac{dx}{dt} = \underbrace{\left(\frac{d}{dt}\right)^2}_{\text{dvakratni operator}} x = \frac{d^2x}{dt^2} = \ddot{x} = x''$$

$$\int dx$$

Če želimo izračunati dolg poševnega meta: $\frac{dy}{d\varphi}$

ENODIMENZIONALNO GIBANJE (gibanje telesa po premici)

pot telesa: $x_1 - x_0 = s$



$\hookrightarrow$ lega telesa (= kje je telo; koordinate)

$x(t) \leftarrow$ koordinate podamo s funkcijo časa

$t=0: \quad x(0)=x_0$

Naravna definicija hitrosti: $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$, kar limitiramo $\lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = x' = \dot{x} = \frac{dx}{dt}$

rezervirano za odvajanje po času

simbol odvoda, ne pomeni kvocienta

$v(t) = \dot{x}(t)$

Dano imamo hitrost ob neki uri. Zanima nas, kje je telo (lega in pot).

Dano: $v(t) = \dot{x}(t)$

Iščemo: $x(t)$

Možnosti za izračun:

1. ugibanje
2. iščemo funkcijo, katere odvod je dana funkcija

- neka konstantna hitrost
  $v(t) = v_0$
  $x = x_0 + v_0 \cdot t$
- a_0 kot konstanten pospešek (linearno narašča)
  $v(t) = a_0 t$
  $x = x_0 + \frac{1}{2} a_0 t^2$
- splošna funkcija $v(t)$
  $x(t) = \int v(t)\,dt$

Poznati moramo začetni položaj $x(0)=x_0$, hitrost računamo / obravnavamo kot funkcijo časa.

$$\int_0^{t_1} v\,dt = x(t_1) - x(0)$$

$$x(t_1) = x(0) + \int_0^{t_1} v\,dt = x_0 + \int_0^{t_1} v\,dt$$

Preverimo (zgoraj navedene primere):

- $x(0)=x_0$
  $v(t) = v_0$
  $x(t_1) = x_0 + \int_0^{t_1} v_0\,dt = x_0 + v t_1$

- $v(t) = a_0 t$
  $x(t_1) = x_0 + \int_0^{t_1} a_0 t\,dt = x_0 + \frac{1}{2} a_0 t^2$

- $v = \dot{x} = x'$
  $v = \frac{dx}{dt} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta x}{\Delta t}$

  $\Delta t > 0$ (poljubno majhen) $\quad v \sim \frac{\Delta x}{\Delta t}$
  $v \Delta t \sim \Delta x$

  $v = \frac{dx}{dt}$
  $v \cdot dt = dx$ (limito obdržimo v glavi $\leftarrow$ ni korekten zapis, saj je $\frac{dx}{dt}$ simbol!)
  $\int v\,dt = \int dx = x$

Leibnizova simbolika – posredno odvajanje

$f(x) \quad f' = \frac{df}{dx}$

$g(y)$

$x = g(y)$

$f(g(y)) = f(x)$

$$(f(g(y)))' = f'(g(y))\,g'(y) = \frac{df}{dg} \cdot \frac{dg}{dy} = \frac{df}{dy}$$

$\rightarrow$ pospešek $(= a(t))$

dano: $x(t)$

$v(t) + x_0$ (drugi odvod poti)

Pospešek je prvi odvod hitrosti. Če ga poznam, vemo povedati, kje se nahaja telo.

$$a = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = v' = x'' = \dot{v} = \ddot{x} = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2 x}{dt^2}$$

primer: začetna pogoja $(x(0)=x_0;\ v(0)=v_0)$

$a(t) = a_0 = \ddot{x}$ $\quad a_0$ (= neka konstanta)

$\hookrightarrow$ dva začetna pogoja

$x(t) = ?$

$$x(t_1) = x_0 + \int_0^{t_1} v(t)\,dt$$

$v(t) = ?$

$$a = \frac{dv}{dt} \sim \quad a\,dt = dv$$

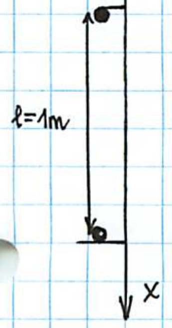
$$\int_0^{t_1} a\,dt = \int_{v_0}^{v} dv$$

$$a_0 t = v - v_0$$

$$v = v_0 + a_0 t$$

$$x(t_1) = x_0 + \int_0^{t_1} (v_0 + a_0 t)\,dt = x_0 + v_0 t_1 + \frac{1}{2} a_0 t_1^2 = x_1$$

1. primer: PROSTI PAD (= pospešek je konstanten; $a_0 = g$; gravitacijski ali težnostni pospešek) težni



$x_0 = x(0) = 0$

$v_0 = v(0) = 0$

$x_1 = \frac{1}{2} g t_1^2 = l$

$g t^2 = 2l$

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

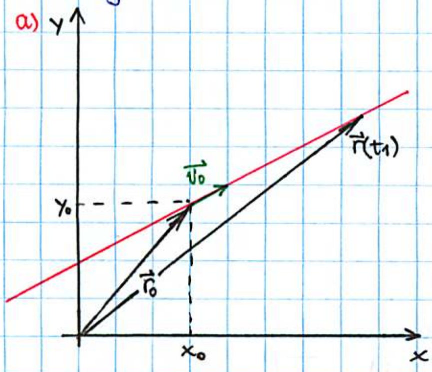
t [s]	$g = \frac{2l}{t^2}$ [m/s²]
0,453	9,75
0,452	9,79
0,452	9,79
⋮	⋮

$$\boxed{g = 9{,}81\ m/s^2}$$

GIBANJE TOČKASTEGA TELESA V PROSTORU

Potrebujemo kartezični koordinatni sistem (desno sučen $x \xrightarrow{v} y$, vijak gre ven).

a)



$\vec{r}_0 = (x_0, y_0, z_0)$

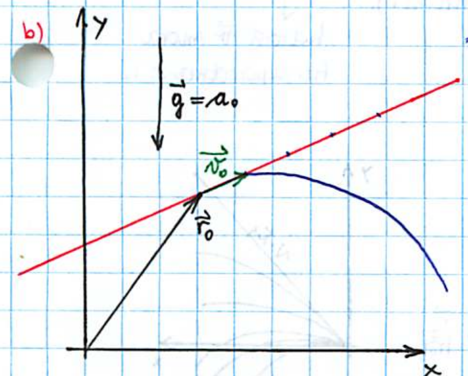
$\vec{r}(0) = \vec{r}_0$

Telo se giblje s konstantno hitrostjo po premici.

$\vec{r}(t_1) = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t = (x_0 + v_{x_0} t,\ y_0 + v_{y_0} t,\ z_0 + v_{z_0} t)$

$x(t) = x_0 + v_{x_0} t$

b)

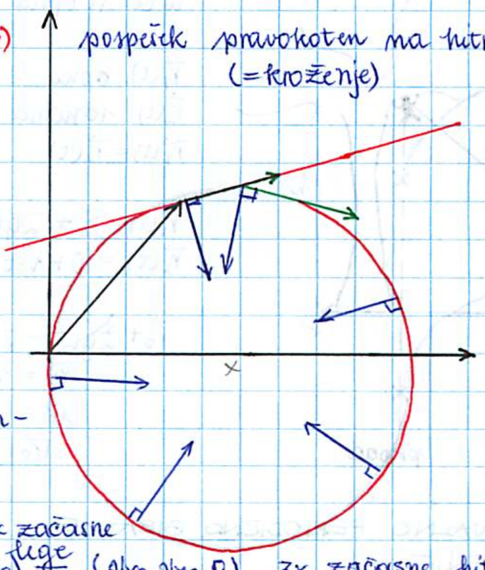


hitrost ni konstantna

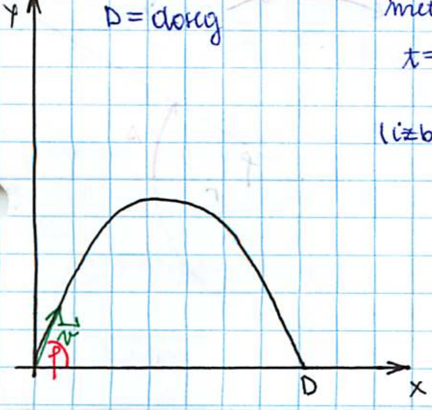
$a = \frac{dv}{dt}$

$\Delta v \sim a \Delta t$

c) pospešek pravokoten na hitrost (= kroženje)



2. Primer: POŠEVNI MET (= začetna hitrost podana s kotom (= tir poševnega meta je parabola) smerjo)



$t = 0: \vec{r}(0) = \vec{r}_0 = (0, 0, 0)$ 3x začasne lege

$\vec{v}(0) = \vec{v}_0 = (v_{x_0}, v_{y_0}, v_{z_0}) \underset{BPZS}{=} (v_{x_0}, v_{y_0}, 0)$ 3x začasne hitrosti

(izberemo) $\vec{a}(t) = \vec{g} = (0, -g, 0)$ $\quad g = |\vec{g}|$

z: $v_z = 0$, $a_{z_0} = 0 \Rightarrow z(t) = z_0 = 0$ ← gibanje je ravninsko

x: $x(t) = x_0 + \int_0^t v_x\,dt = x_0 + v_{x_0} t$

$v_x(t) = v_{x_0} + \int_0^t a_x\,dt = v_{x_0}$

$a_x = 0$, ker pade na tla

y: $v_y(t) = v_{y_0} + \int_0^t a_y\,dt = v_{y_0} - gt$

$y(t) = y_0 + v_{y_0}\cdot t - \frac{1}{2}gt^2$

$\vec r(t) = (\underbrace{x_0 + v_{x_0}t}, \underbrace{y_0 + v_{y_0}t - \frac{1}{2}gt^2}_{y(x)=}, 0) = \vec r_0 + \vec v_0 t + \frac{1}{2}\vec g t^2 = \vec r(t)$

tir zapisan v prostoru

Splošen zapis:

$\vec r(t) = \vec r_0 + \int_0^t \vec v(t)\,dt$ $\qquad$ $\vec v(t) = \vec v_0 + \int_0^t \vec a(t)\,dt$

začetna pogoja (6 števil)

pravilo za pospešek

def.: $\int \vec v\,dt$ vektor sestavljen: $\left(\int v_x dt, \int v_y dt, \int v_z dt\right)$

$\vec v_0 = (v\cdot\cos\varphi, v\cdot\sin\varphi, 0)$

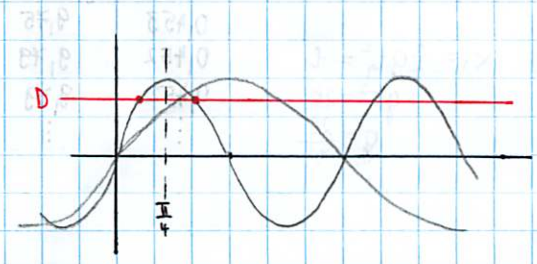
$\vec r = (0,0,0)$

$\cancel{y_0} + v_{y_0}\cdot\cancel{t} - \frac{1}{2}gt^{\cancel{2}} = 0$ $\qquad$ $y_0 = 0$

$v_{y_0} - \frac{1}{2}gt_1 = 0$ $\qquad$ $t \neq 0$, $t_0 = 0$

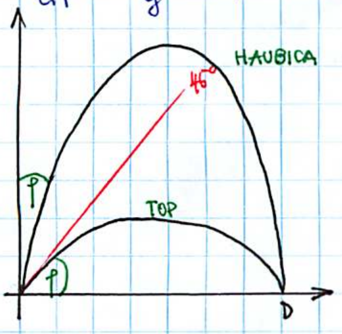
$v_{y_0} = \frac{1}{2}gt_1 = v\cdot\sin\varphi$ $\qquad$ t_1 = čas, ko prileti na tla

$t_1 = \frac{2v\sin\varphi}{g}$

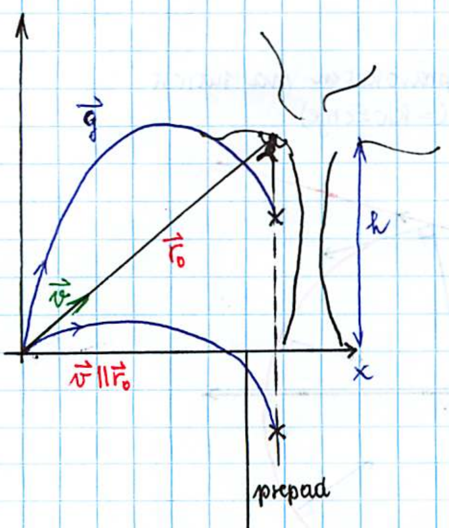


$D = \overset{0}{x_0} + v_{x_0}\cdot t = v\cdot\cos\varphi\,\frac{2v\cdot\sin\varphi}{g} = \frac{v^2}{g}\sin 2\varphi$

$D' = \frac{dD}{d\varphi} = \frac{2v^2}{g}\cos 2\varphi = 0 \quad (\max = \frac{\pi}{4})$



STRELJANJE NA OPICO:



Ob času $t=0$ se opica spusti. Ustreliš lahko le če se opica spusti (torej ob spustu jo hraniš).

hitrost $\vec v$ mora biti vzporedna z $\vec r_0$

$\vec r_1(t)$ opica $\qquad$ $\vec r_0$ opica na drevesu

$\vec r_2(t)$ banana

$\vec r_1(t) = \vec r_2(t)$

$\vec r_1(t) = \vec r_0 + \frac{1}{2}\vec g t^2$

$\vec r_2(t) = 0 + v_0 t + \frac{1}{2}\vec g t^2$

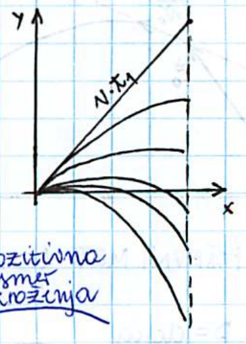
$\vec r_0 + \cancel{\frac{1}{2}\vec g t^2} = 0 + v_0\cdot t + \cancel{\frac{1}{2}\vec g t^2}$

$\vec r_0 = v_0 t$

$\cancel{\vec r_0} = v\cdot\frac{\cancel{\vec r_0}}{|\vec r_0|}\cdot t_1$

$|\vec r_0| = v\cdot t_1$

$v_0 = v\cdot\frac{\vec r_0}{|\vec r_0|}$



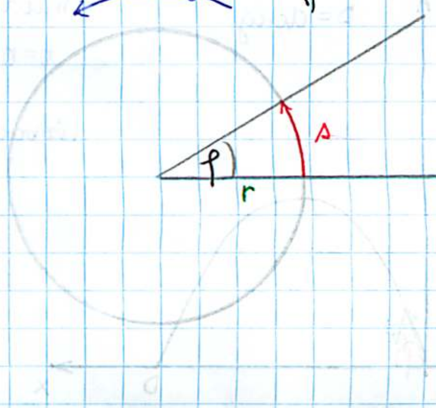
ENODIMENZIONALNO PERIODIČNO GIBANJE

3. Primer: KROŽENJE

a) Osnovni pojmi:

r (=radij) = konstanta

pozitivna smer kroženja



KROŽENJE := je gibanje, v tem primeru, točkastega telesa po krožnici z radijem r. Vedno je pospešeno gibanje. Za opis gibanja moramo poznati časovno odvisno odvisnosti koordinate $\varphi(t)$.

VRTENJE := ali rotacija je gibanje togega telesa okoli nepremične osi, ki poteka skozi telo ali mimo njega. Pri ↑ velja za poljubno točko na telesu, da se giblje po krožnici s središčem na osi.

s = lok
φ = kot $\boxed{\varphi = \frac{s}{r}}$ oz. $s = r \cdot \varphi$ (= poznamo φ ali s ~ v vsakem trenutku?)
φ je v radianih — r konstanta
$360° = 2\pi$

hitrost $v = \dot{s} = r\dot{\varphi} = r\omega$
$\boxed{v = r \cdot \omega}$

kotna hitrost $\boxed{\omega = \dot{\varphi}}$

pospešek $a = \dot{v} = \ddot{s} = r\ddot{\varphi} = r\dot{\omega} = r\alpha$
vzdolž poti $\boxed{a = r\alpha}$

kotni pospešek (α grška a) $\boxed{\alpha = \dot{\omega} = \ddot{\varphi}}$

Najbolj uporaben primer: NIHANJE

$\omega = \dot{\varphi}$ [1/s] [rad/s]

$\frac{\varphi}{2\pi} = N$ N ni nujno celo število, pomeni „koliko obratov je bilo narejenih od začetka".

$\dot{N} = \frac{\dot{\varphi}}{2\pi} = \frac{\omega}{2\pi} \; \dots = \frac{N}{t_0} = \nu$ (= če bi bila hitrost konstantna, bi rekli, da je to, koliko obratov naredi v nekem času)
$N = \nu t_0$

ν = frekvenca
t_0 = obhodni čas

Če se telo po krožnici enakomerno giblje:

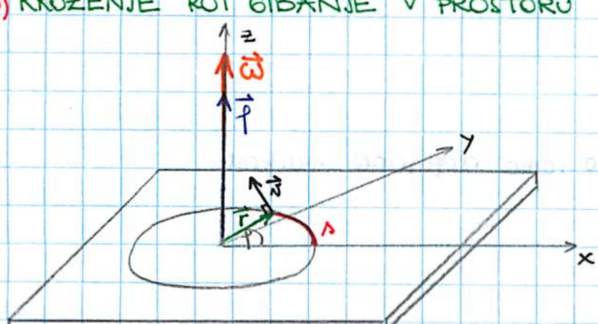
$\nu = \frac{1}{t_0}$ (= kolikokrat na s naredi 1 obrat)

$\omega t_0 = 2\pi$

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

pospešek $\alpha = \alpha_0$
$\boxed{\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2}\alpha_0 t^2} \longrightarrow$ enakomerno pospešeno gibanje

b) KROŽENJE KOT GIBANJE V PROSTORU



r = konstanta

$\vec{r} = (x(t), y(t), z(t)) =$
$= r(\cos\varphi, \sin\varphi, 0)$

$\vec{\varphi} = (0, 0, \varphi)$ normala na ravnino
$\vec{\omega} = \dot{\vec{\varphi}} = (0, 0, \dot{\varphi}) = (0, 0, \omega)$

hitrost … $\vec{v} = \dot{\vec{r}} \overset{def}{=} (\dot{x}, \dot{y}, \dot{z}) =$ → „odvajane" hitrosti v posameznih smereh
$= r(-\dot{\varphi}\sin\varphi, \dot{\varphi}\cos\varphi, 0) = \omega \cdot r\,(-\sin\varphi, \cos\varphi, 0)$
↳ v ravnini in pravokoten na $\vec{r}$

Dokaz:
$\vec{v} \cdot \vec{r} = \omega r(-\sin\varphi, \cos\varphi, 0) \cdot r(\cos\varphi, \sin\varphi, 0) =$
$= r^2(-\sin\varphi\cos\varphi + \cos\varphi \cdot \sin\varphi + 0)\omega = 0$
$|\vec{v}| = v = r \cdot \omega \cdot 1 = v_t$
$\vec{v}_t$ tagentna hitrost

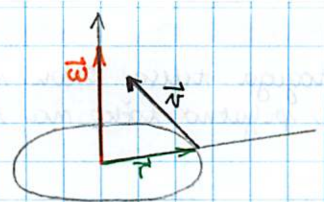
pospešek … $\vec{a} = \dot{\vec{v}} = \ddot{\vec{r}} = r(-\ddot{\varphi}\sin\varphi - \dot{\varphi}^2\cos\varphi,\ \ddot{\varphi}\cos\varphi - \dot{\varphi}^2\sin\varphi, 0) =$
$= -\omega^2\vec{r} + r\ddot{\varphi}(-\sin\varphi, \cos\varphi, 0)$

$\vec{a} = -\omega^2\vec{r} + \alpha r \frac{\vec{v}}{v} = \vec{a}_r + \vec{a}_t$ $v = 1$
$\boxed{\vec{a}_r \cdot \vec{a}_t = 0}$

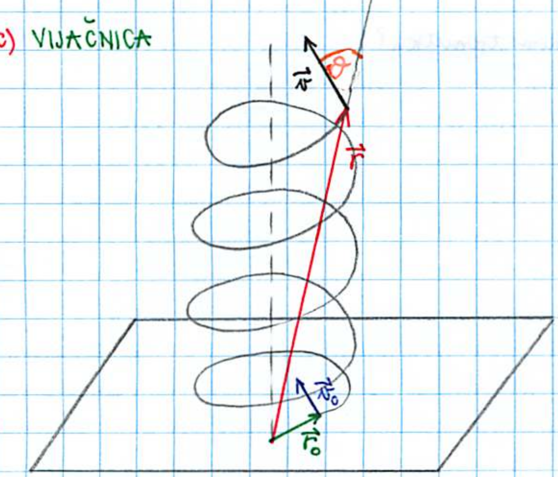
↔ pospešek kaže navznoter (smer proti središču)
$\vec{a}_r$ radialni pospešek
↔ $(-\sin\varphi, \cos\varphi, 0) \cdot r = \vec{v}$ dolžine 1
$\vec{a}_t$ tangencialni pospešek

$\vec{v} \perp \vec{r}$
$\vec{v} \perp \vec{\omega}$

$\vec{v} = \vec{r} \times \vec{\omega}$
$v = r \cdot \omega \cdot \sin\varphi = r \cdot \omega$
$\uparrow$ $\varphi = 90°$
velikost $\vec{v}$!



c) VIJAČNICA

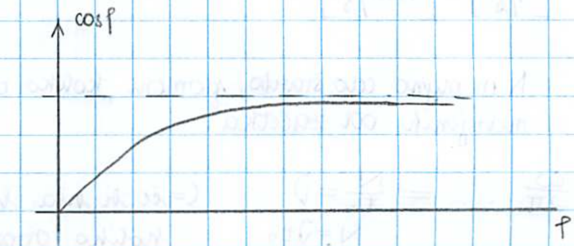


$\vec{r} = (r\cos\varphi, r\sin\varphi, k\cdot\varphi)$
$\vec{r}\cdot\vec{v} = r \cdot v \cdot \cos\varphi$

$\vec{v} = \dot{\vec{r}} = (-r\dot{\varphi}\sin\varphi, r\dot{\varphi}\cos\varphi, k\cdot\dot{\varphi})$

$\vec{r}\cdot\vec{v} = (\cancel{-r^2\dot{\varphi}\sin\varphi\cos\varphi} + \cancel{r^2\dot{\varphi}\sin\varphi\cos\varphi} + k^2\varphi\cdot\dot{\varphi}) =$
$= k^2 \cdot \varphi \cdot \dot{\varphi}$

$\dot{\varphi} = \omega =$ konstanta $\leftarrow$ enakomerno zvijajoča se vijačnica
$\varphi = \omega \cdot t$
$\vec{r}\cdot\vec{v} = \omega^2 t \cdot k^2$



$$\cos\vartheta = \frac{k^2}{\sqrt{r^2 + k^2\omega^2 t^2} \cdot \sqrt{r^2\omega^2 + k^2\omega^2}}$$

$$\lim_{t\to\infty} \cos\vartheta = \cos\vartheta(\infty) = \frac{k}{\sqrt{r^2 + k^2}}$$

$\vec{v}_0 = \vec{\omega} \times \vec{r}_0 + k\vec{\omega}$ $\leftarrow$ $\vec{v}_0$ pravokotna na $\vec{r}_0$ $(\vec{v}_0 \cdot \vec{r}_0 = 0)$

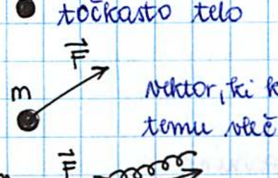
DINAMIKA

Kaj potrebujemo za Newtonove zakone?

Galileo Galilej – če je $F = 0$, potem je hitrost konstanta (I. Newtnov zakon) ~ „sila je enako 0"

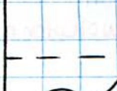
vprašanje mase (nimamo poljubne snovi) – za definiranje pojma, kaj je masa potrebujemo ogljik ^{12}C:
$12{,}00\,g\ ^{12}C$ .... 1 mol atomov : $N_{atom} = 1{,}0\,mol = 6{,}0221479 \cdot 10^{23} \in \mathbb{N}$
$\uparrow$ avogadrovo število

$\Downarrow$
$\boxed{kg, m, s}$

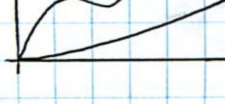


sila (= za merjenje sil potrebujemo npr. vzmet), delovanje sil

- točkasto telo



vektor, ki kaže v smeri vrvice (= vprašanje je, kako bomo definirali velikost temu vlečenju $|\vec{F}| = F = ?$)



F lahko v vsakem trenutku izmerimo, oz. definiramo s številom.
Ostalo je le vprašanje, kaj so enote.

zvezna ni linearna