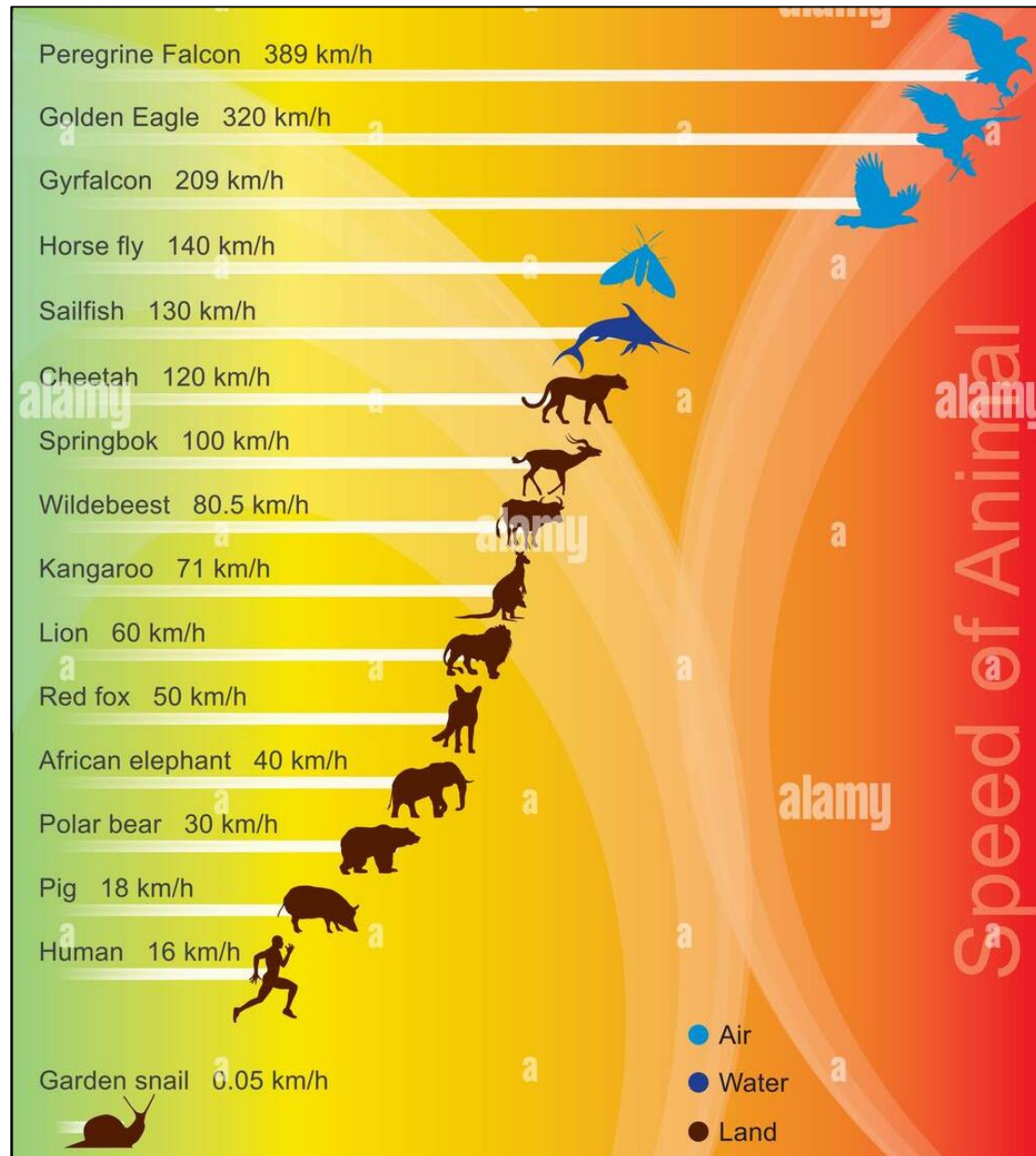




The background features abstract, overlapping green geometric shapes, primarily triangles and polygons, in various shades of green, creating a modern and dynamic look.

Fizika I

KINEMATIKA ČESTICE 1. dio

Mehanika

Proučava gibanje tijela, promjenu njihovih položaja.

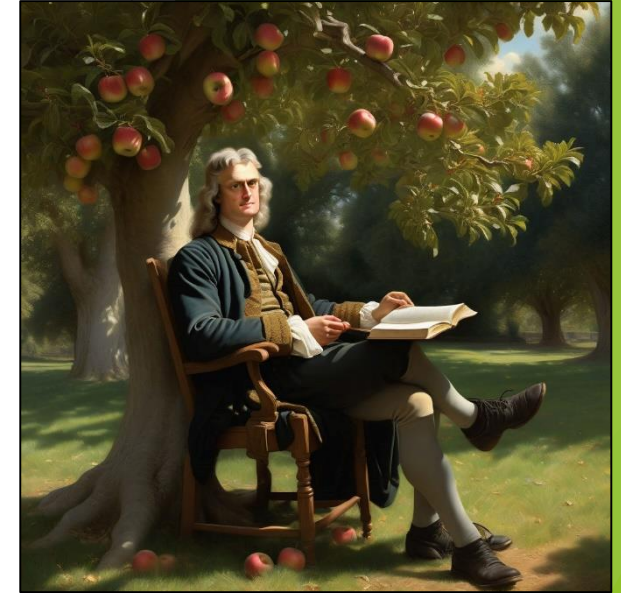
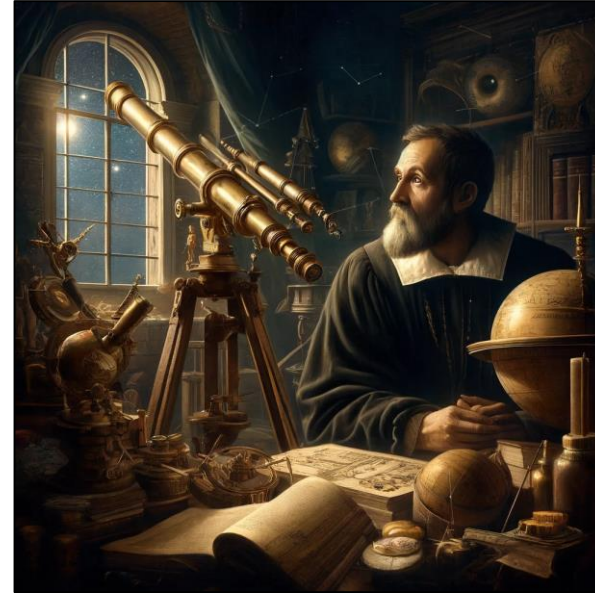
KINEMATIKA → Kako se tijela gibaju?

DINAMIKA → Zašto se tako gibaju?

Gibanje je jedan od temeljnih problema fizike.

Galilei (slobodni pad, inercija, slaganje brzina), Newton (gravitacija, infinitezimalni račun)

Tijelo se giba ako mijenja položaj prema određenom referentnom sustavu.



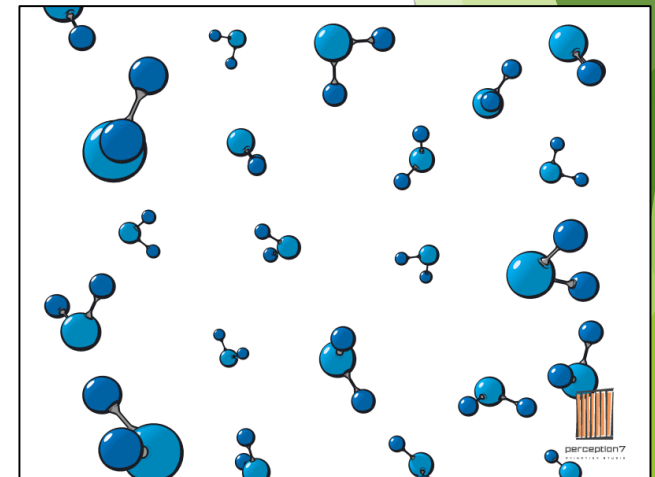
Stvarna tijela i gibanja su složena!

- ▶ Gibanje zvijezda u galaksiji.
- ▶ Gibanje čestica u plinovima, tekućinama, čvrstim tijelima.
- ▶ Gibanje živih bića, strojeva.

Teško je zaključiti o osnovnim zakonima!

Jednostavniji primjeri:

- ▶ Gibanje malih predmeta (čestica) na Zemlji.
- ▶ Gibanje planeta u Sunčevom sustavu.
- ▶ Gibanje njihala.
- ▶ Gibanje utega obješenog na elastičnu oprugu.
- ▶ Vrtanja krutog tijela oko čvrste osi.



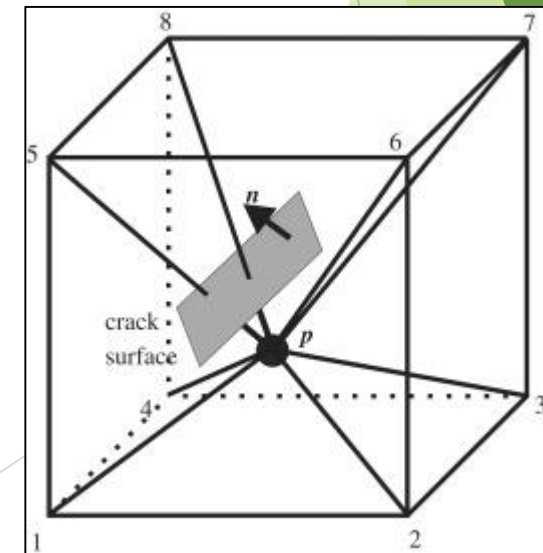
Materijalna točka

(čestica, tijelo, sitno tijelo)

= Tijelo kojemu je sva masa koncentrirana u jednoj točki.

To je zamišljen pojam, aproksimacija.

Stvarno tijelo možemo opisati kao *materijalnu točku* ako su njegove dimenzije zanemarivo male prema dimenzijama staze po kojoj se giba.



KINEMATIKA

► Proučava gibanje, određuje položaj, brzinu i akceleraciju tijela u ovisnosti o vremenu.

vektor položaja materijalne točke:

$$\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$$

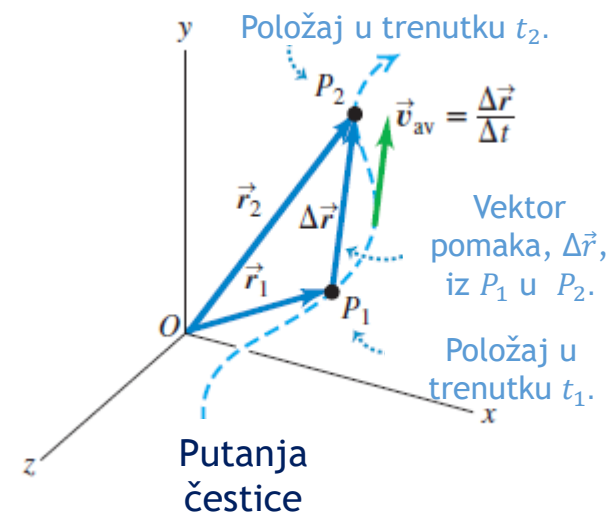
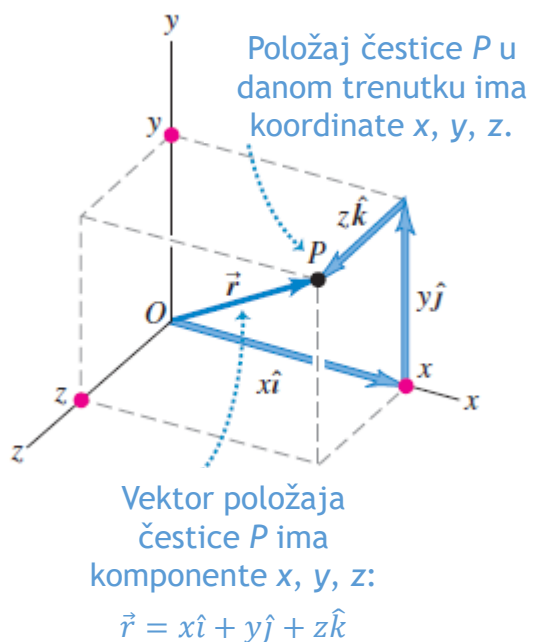
vektor pomaka:

$$\Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$$

Putanja = skup svih točaka kroz koje prolazi materijalna točka koja se giba.

$$\vec{r}(t) = x(t)\vec{i} + y(t)\vec{j} + z(t)\vec{k}$$

Put = dio putanje koji čestica prijeđe u određenom vremenu.



Vrste gibanja

Zavisno o obliku putanje:

pravocrtno - gibanje po pravcu (slobodni pad)

krivocrtno - gibanje po nekoj krivulji (osim pravca) (hor. hitac)

Najjednostavniji načini gibanja krutog tijela:

-mirovanje – oblik gibanja kada tijelo ima nepromijenjene koordinate u odnosu na referentni sustav (**laboratorijski sustav** – sustav koji miruje u odnosu na Zemlju)

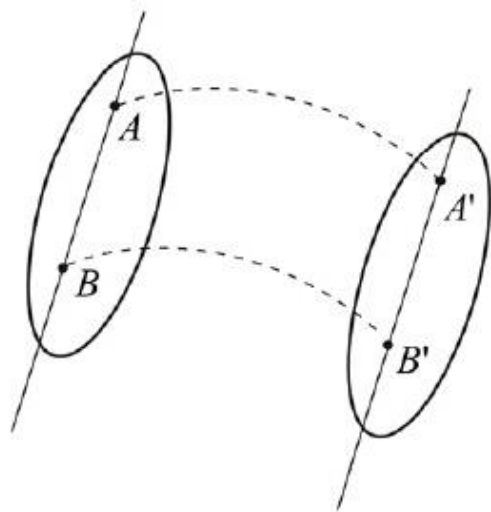
-translacija - sve čestice ili dijelovi tijela opisuju kongruentne (sukladne) putanje

-rotacija - točke krutog tijela opisuju kružnice u paralelnim ravninama; središta svih kružnica leže na jednom pravcu, na tzv. osi rotacije, koja je okomita na ravnine kružnica

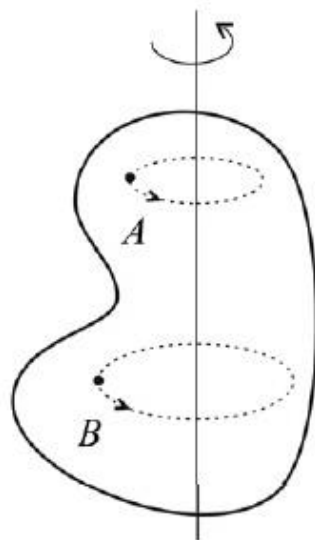




mirovanje

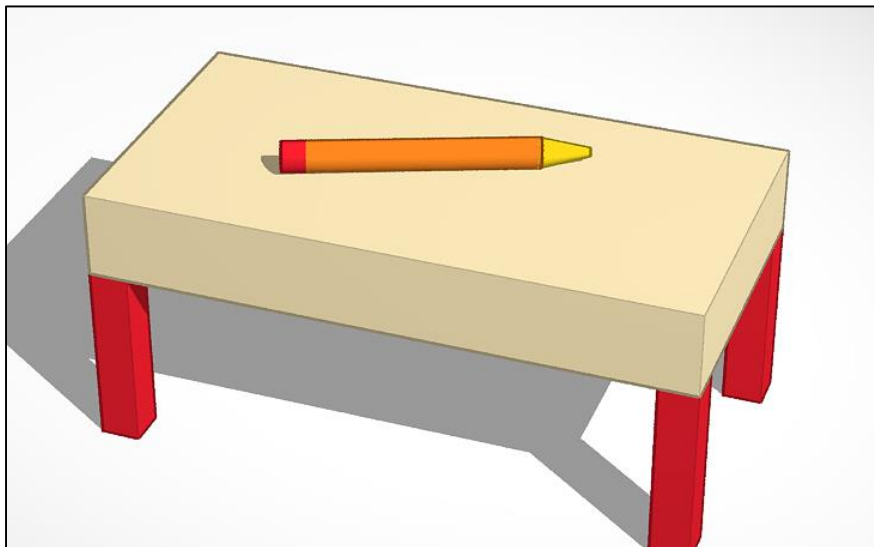


translacija



rotacija

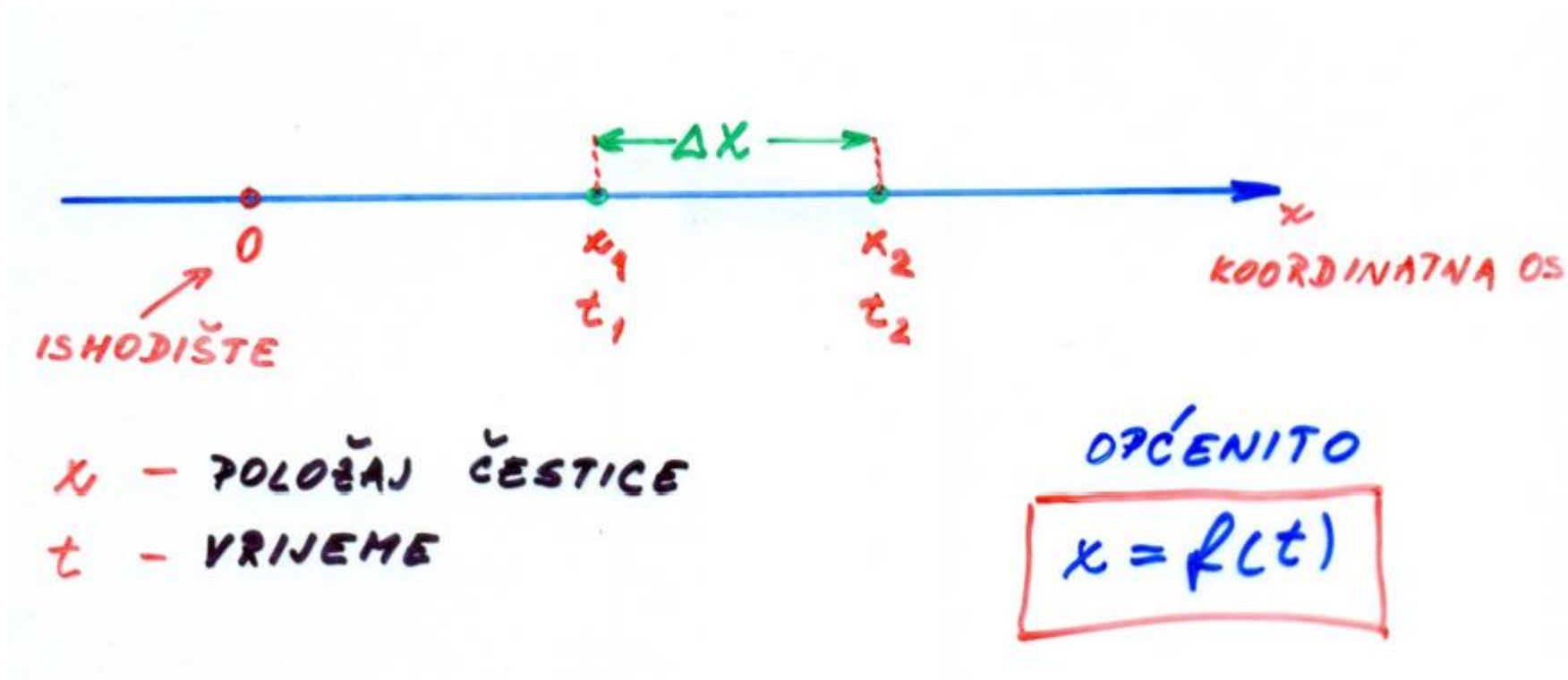
**Svako se gibanje tijela može promatrati
kao kombinacija translacije i rotacije!!!**



Da li olovka miruje na stolu ?



Gibanje po pravcu (pravocrtno)



► Kako se čestica giba?

v - brzina

PROSJEČNA BRZINA

ovisi o vremenskom intervalu

$$\bar{v} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

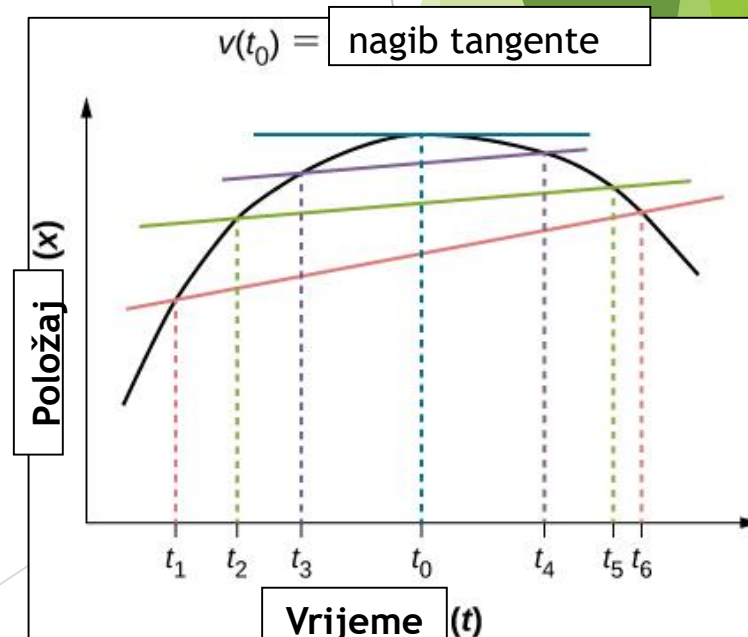
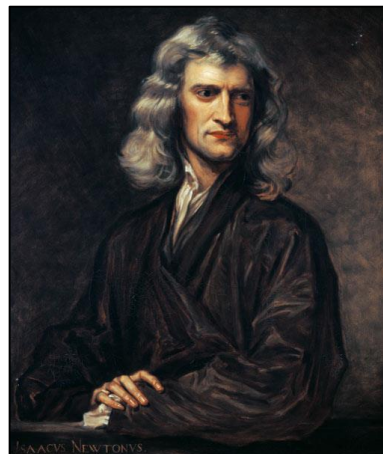
PRAVA (TRENUTNA) BRZINA

granična vrijednost

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt}$$

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

DERIVACIJA



Jedinica za mjerenje brzine (izvedena)

$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad [v] = \frac{[x]}{[t]} = \frac{\text{m}}{\text{s}} = \text{ms}^{-1}$$

$$[x] = \text{m} \quad [t] = \text{s} \quad [v] = \text{ms}^{-1}$$

$$1 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = \frac{1}{3,6} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 0,28 \text{ ms}^{-1}$$

$$1 \frac{\text{m}}{\text{s}} = \frac{\frac{1}{1000} \text{ km}}{\frac{1}{3600} \text{ h}} = 3,6 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

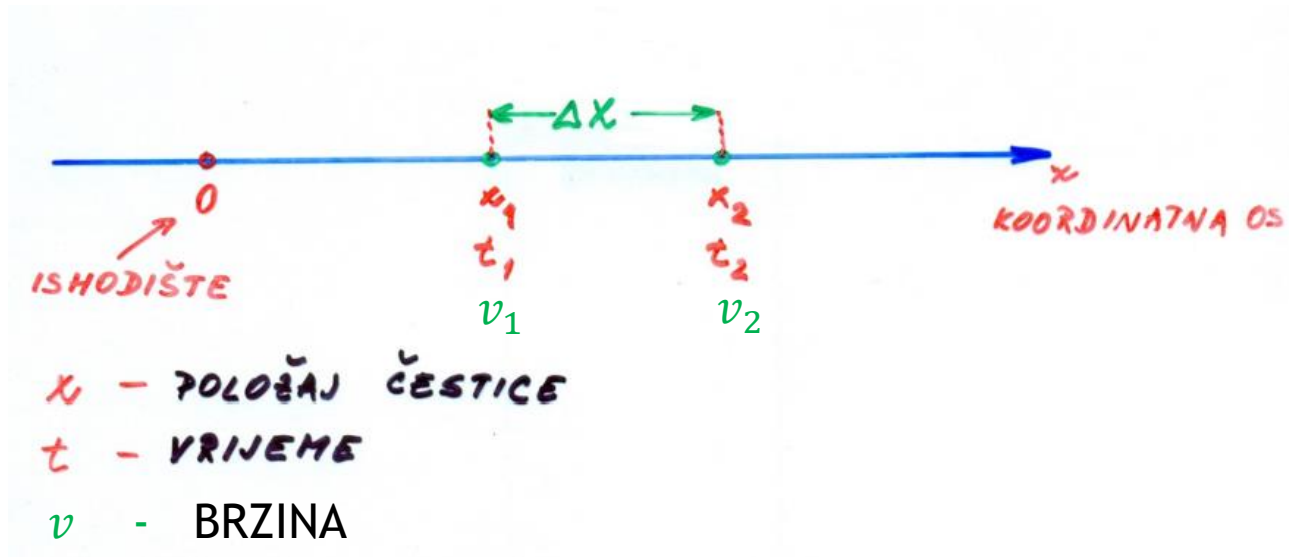
Neke tipične brzine

- Rast ljudske kose 10^{-9} m/s
- Pješak (5 km/h) 1,4 m/s
- Biciklist (20 km/h) 6 m/s
- Automobil (160 km/h) 45 m/s
- Zvuk u zraku 340 m/s
- Točka na ekvatoru 465 m/s
- Mjesec oko Zemlje 1000 m/s
- Zemlja oko Sunca $3 \cdot 10^4 \text{ m/s}$
- Brzina svjetlosti $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$



Razlike?

- Općenito, brzina se mijenja! Kako se mijenja?
- Uvodimo novu veličinu: akceleracija ili ubrzanje, a



PROSJEČNA AKCELERACIJA

$$\bar{a} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

PRAVA AKCELERACIJA - granična vrijednost

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

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

DRUGA DERIVACIJA

jedinica za mjerenje akceleracije

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$[a] = \frac{[v]}{[t]} = \frac{\frac{m}{s}}{s} = ms^{-2}$$



Gibanje autobusa?

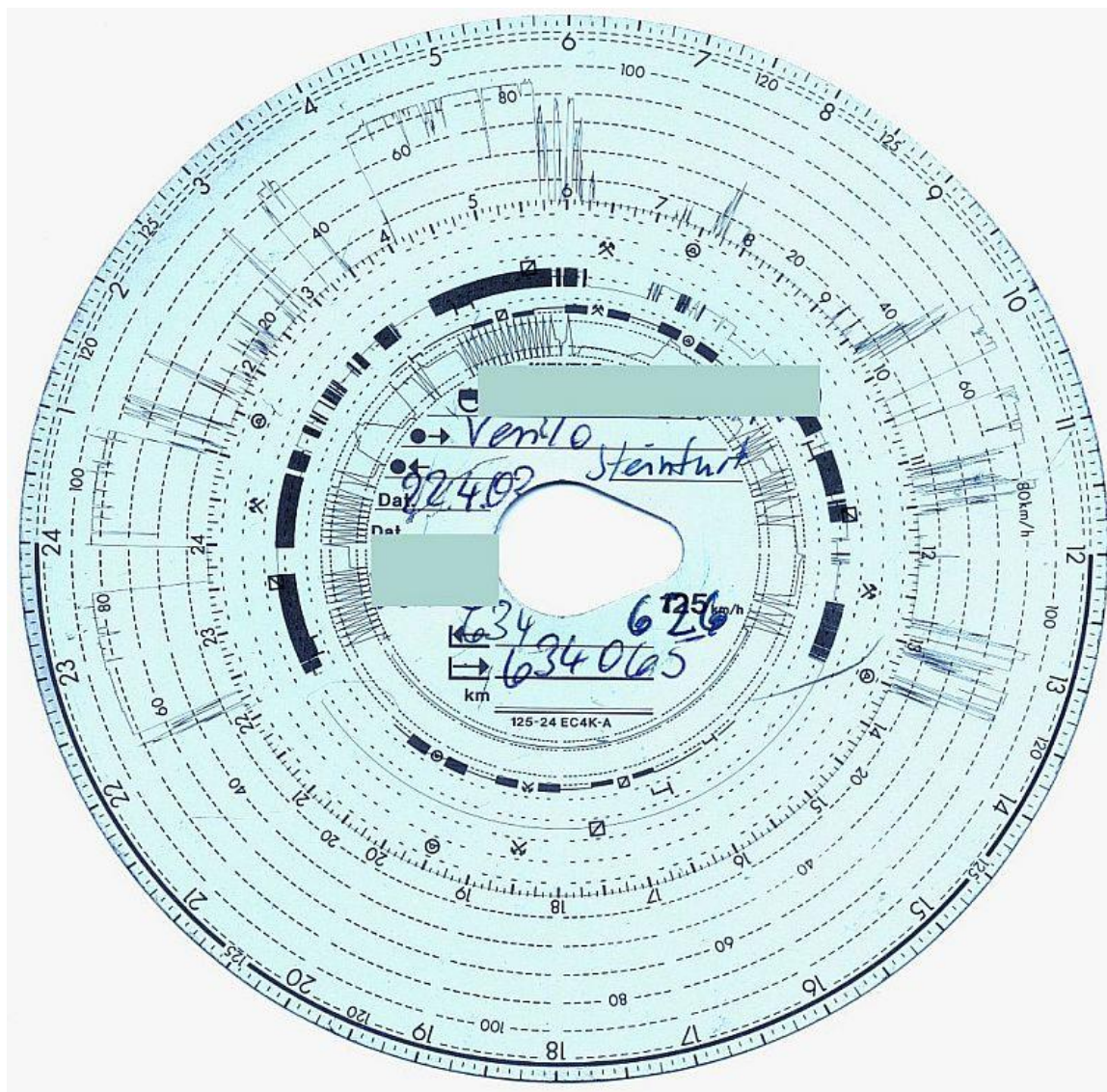
Akceleracija je vektorska veličina! $\vec{a}$

- Akceleracija je uvijek u smjeru promjene brzine (vektor).



Nije uvijek u smjeru gibanja.

Vlak dolazi u stanicu, *usporava*, akceleracija je suprotnog smjera od gibanja.



Tahograf

Jednoliko pravocrtno gibanje

Najjednostavnije gibanje

- Za jednake vremenske intervale tijelo prevoli jednake puteve, na svakom dijelu puta:

$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = v = \textit{konstantna} \rightarrow a = 0$$

$$v = \frac{x - x_0}{t - t_0}$$

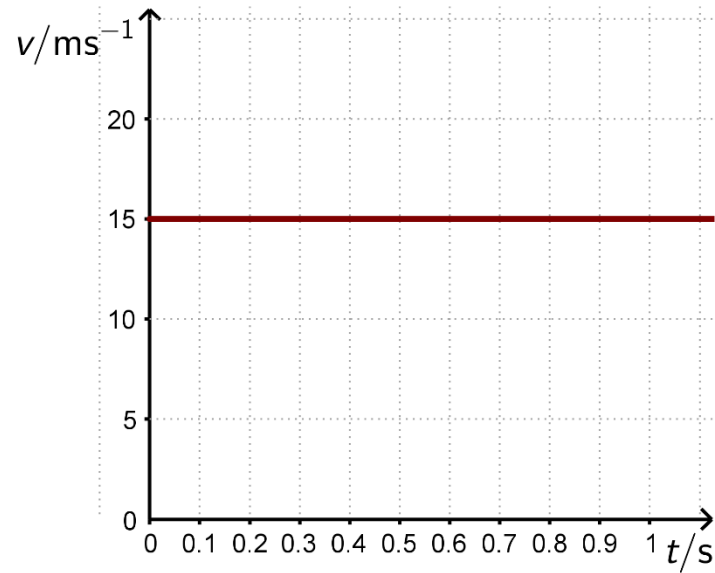
$$\text{uz: } t_0 = 0, \Delta x = x - x_0 = s$$

$$x = vt + x_0$$

$$v = \frac{s}{t}$$

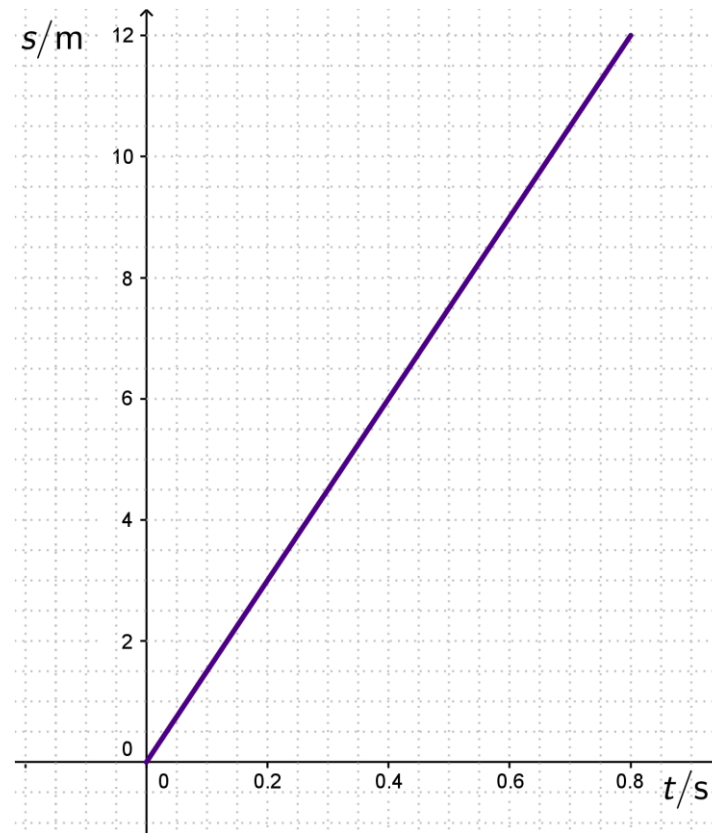
SAMO kad je
brzina
konstantna

$s - t, v - t$ grafovi



$$v = \textit{konst.}$$

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{s}{t}$$



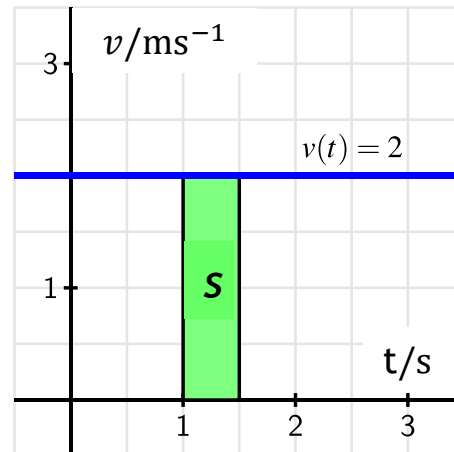
$$s = v \cdot t$$



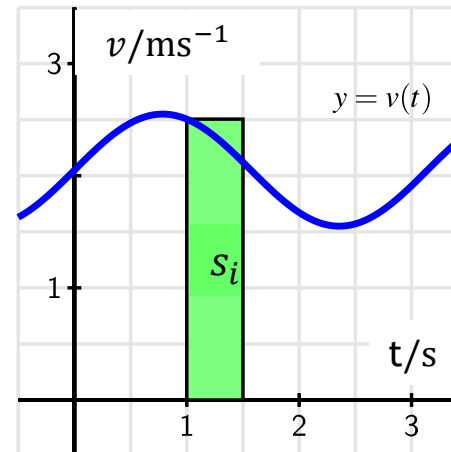
Kako izračunati prijeđeni put?

Put = površina ispod krivulje u $v - t$ dijagramu

jednoliko gibanje



nejednoliko gibanje



$$v = v(t)$$

približno

$$\Delta s_i = v(t) \cdot \Delta t_i$$

$$s = \sum_{i=1}^n v(t) \cdot \Delta t_i$$

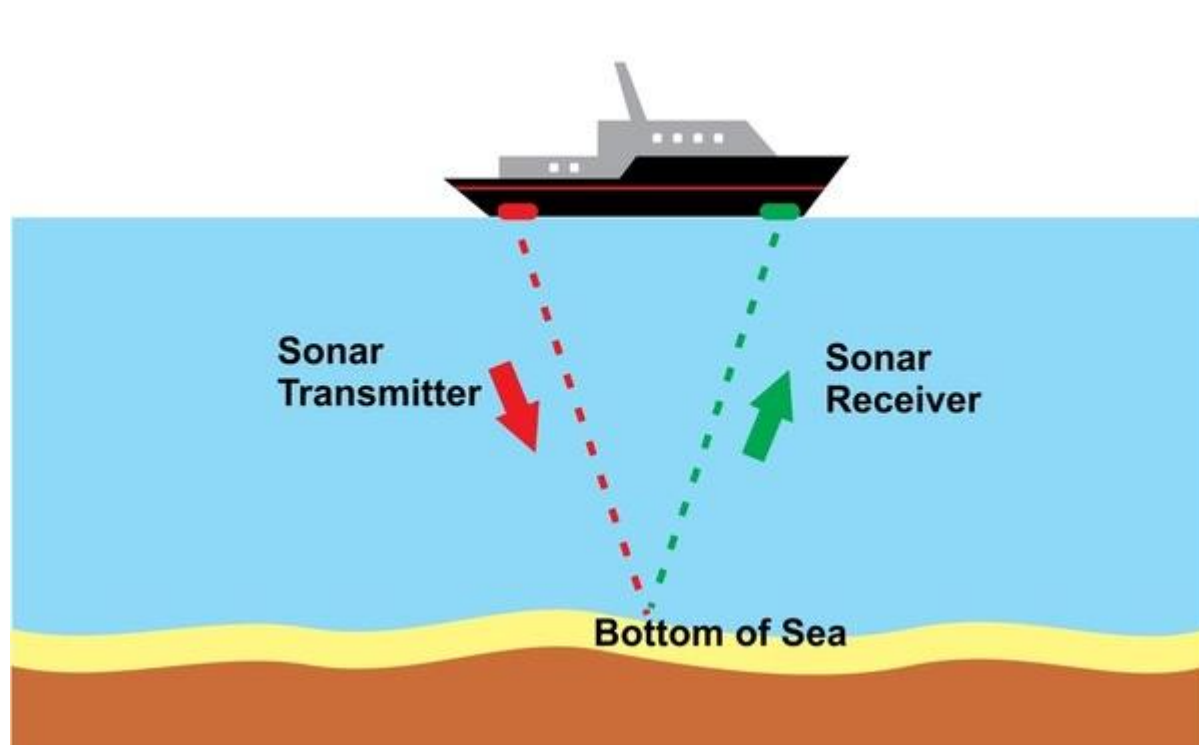
Točno: granična vrijednost kad $n \rightarrow \infty$

$$s = \int_{t_1}^{t_2} v(t) dt$$



Derivacija i integral?

Kako izračunati dubinu mora?



Jednoliko ubrzano gibanje po pravcu

Gibanje sa stalnom akceleracijom

- Za jednake vremenske intervale brzina se jednako promijeni

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = a = \textit{konstantna}$$

$$a = \frac{v - v_0}{t - t_0}$$

početna brzina

- Brzina: (uz $t_0 = 0$) :

$$v = at + v_0$$

- ako tijelo kreće iz mirovanja ($v_0 = 0$): $v = at$

- Položaj :

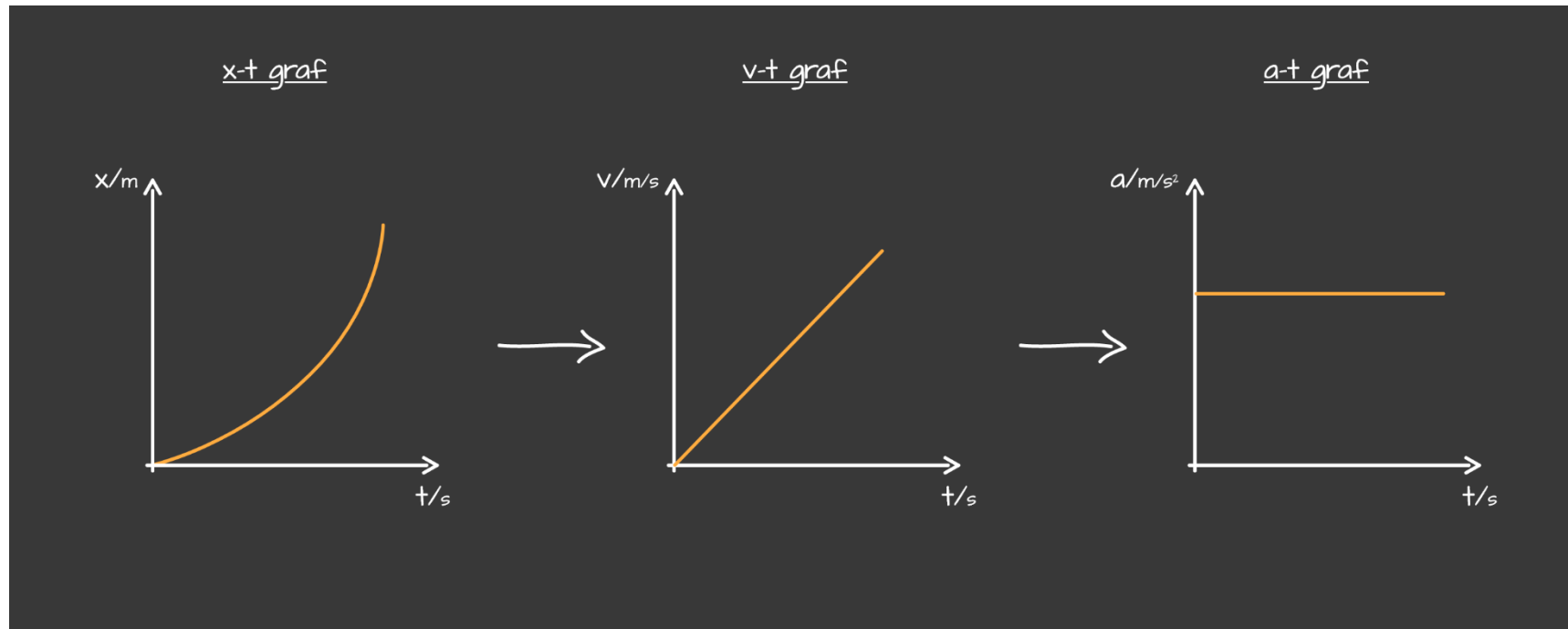
$$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0$$

početni položaj

- $v_0 = 0$, $x - x_0 = s$:

$$s = \frac{1}{2}at^2$$

$s - t, v - t, a - t$ grafovi

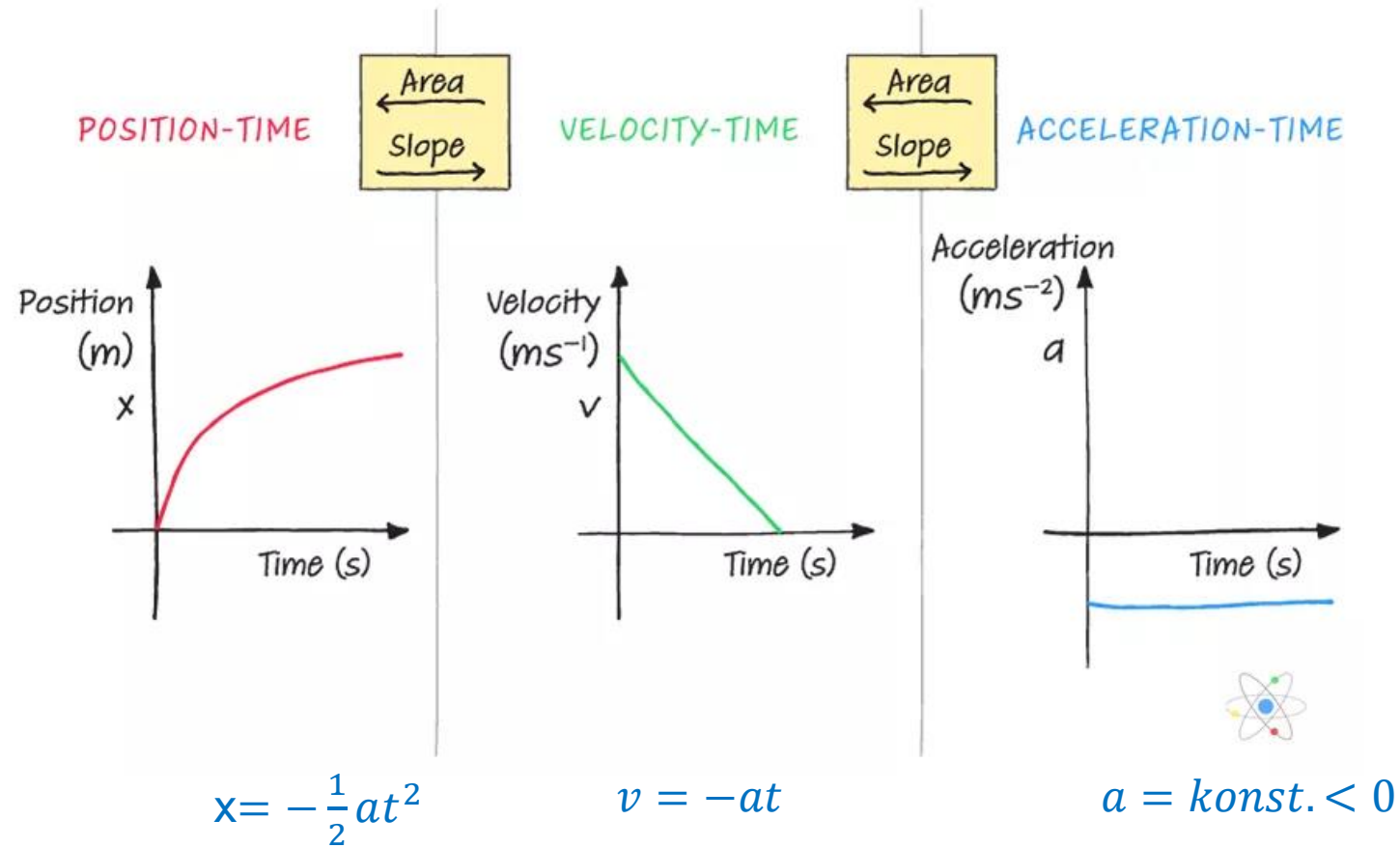


$$x = \frac{1}{2}at^2$$

$$v = at$$

$$a = konst. > 0$$

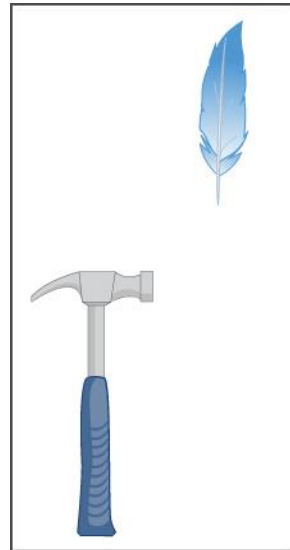
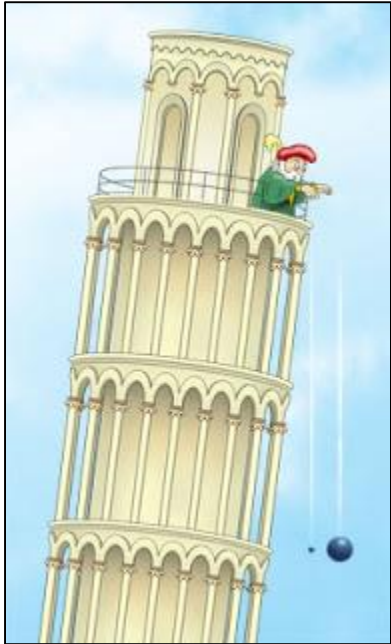
$s - t, v - t, a - t$ grafovi



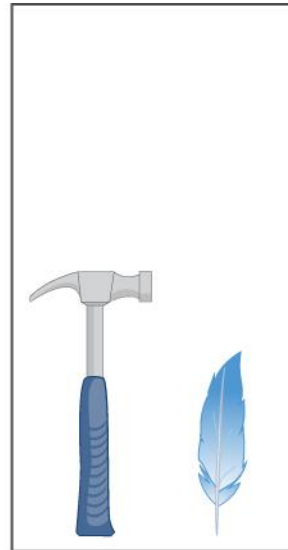
Jednoliko ubrzano gibanje po pravcu (primjeri)

Slobodni pad - jedan od najvažnijih primjera

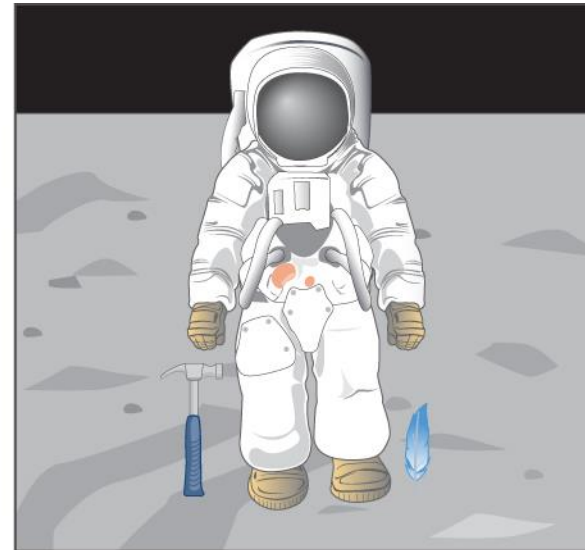
► Galileo Galilei



U zraku



U vakuumu



U vakuumu (drugi planeti)

- Kad nema otpora zraka (u vakuumu) sva tijela padaju jednako vrijeme ispuštena s iste visine bez početne brzine.

Slobodni pad

- ▶ Sila teža - uzrok slobodnom padu na Zemljinoj površini.
- ▶ Akceleracija sile teže - ima vlastitu oznaku g .
- ▶ Ovisi o geografskoj širini, ali se uzima usrednjena vrijednost.

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

- ▶ $a = g$

- ▶ $v_0 = 0$

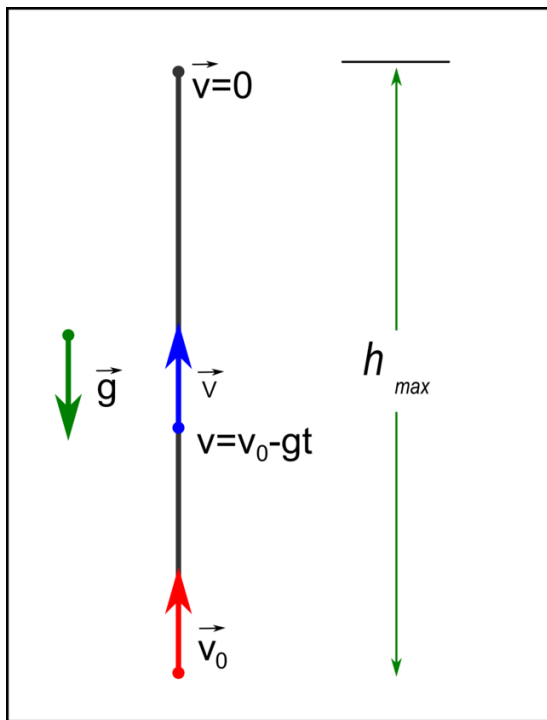
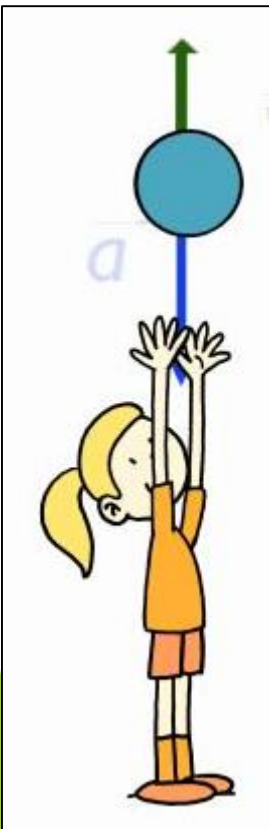
$$v = gt; \quad s = h = \frac{1}{2}gt^2$$





Image courtesy
of Andrew Knapp

Vertikalni hitac



$$a = -g$$

Početna brzina v_0

$$v_0 > 0$$

hitac prema gore:

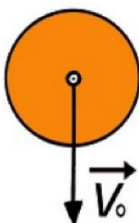
$$v = v_0 - gt$$

$$h = h_0 + v_0 t - \frac{1}{2}gt^2$$

$v = 0$ tijelo se zaustavlja!

$$v_0 - gt = 0 \rightarrow t = \frac{v_0}{g}$$

Vertikalni hitac



Početna brzina v_0

$$v_0 > 0$$

hitac prema dolje:

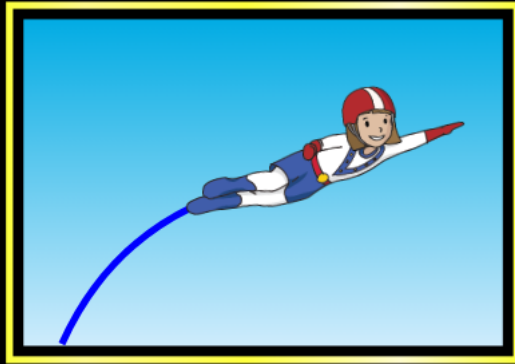
$$a = +g$$

$$v = v_0 + gt$$

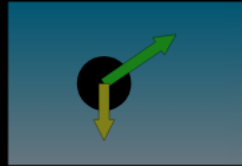
$$h = h_0 + v_0 t + \frac{1}{2}gt^2$$

Simulacija: Vertikalni hitac

Projectile Motion



Intro



Vectors



Drag



Lab