

Fizika I

KINEMATIKA ČESTICE 1. dio

Doc. dr. sc. Iva Movre Šapić

Mehanika

Izučava gibanje tijela, promjenu njihovih položaja

KINEMATIKA → Kako se tijela gibaju?

DINAMIKA → Zašto se tako gibaju?

Gibanje je jedan od temeljnih problema fizike

Galilei, Newton

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
- Vrtnja krutog tijela oko čvrste osi

Materijalna točka

(čestica, tijelo, sitno tijelo)

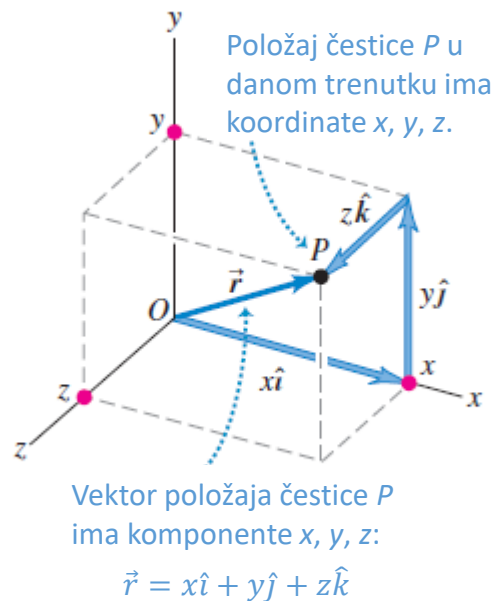
= Tijelo kojemu je sva masa koncentrirana u jednoj točki

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:

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

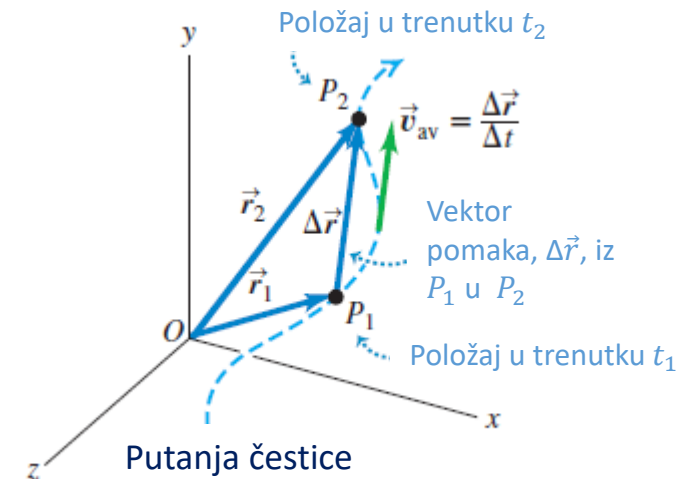
vektor pomaka:

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

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

Ovisno o obliku putanje:

Pravocrtno – gibanje po pravcu (npr. slobodni pad)

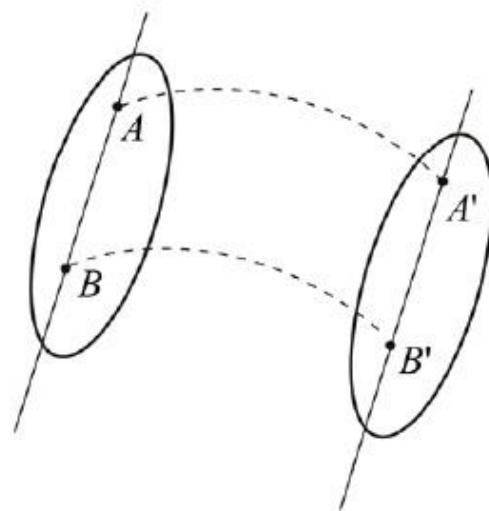
Krivocrtno – gibanje po nekoj krivulji (osim pravca) (npr. horizontalni hitac)

Najjednostavniji načini gibanja krutog tijela:

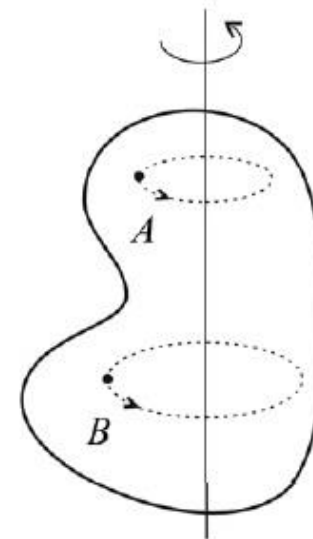
- **mirovanje** – oblik gibanja kada tijelo ima nepromijenjene koordinate u odnosu na referentni sustav (laboratorijski sustav – sustav koji miruje u odnosu na Zemlju)
- **translacija** – sve čestice ili dijelovi tijela opisuju kongruentne (sukladne) putanje
- **rotacija** – točke krutog tijela opisuju kružnice u paralelnim ravninama; središta svih kružnica leže na jednom pravcu, na tzv. osi rotacije, koja je okomita na ravnine kružnica



mirovanje



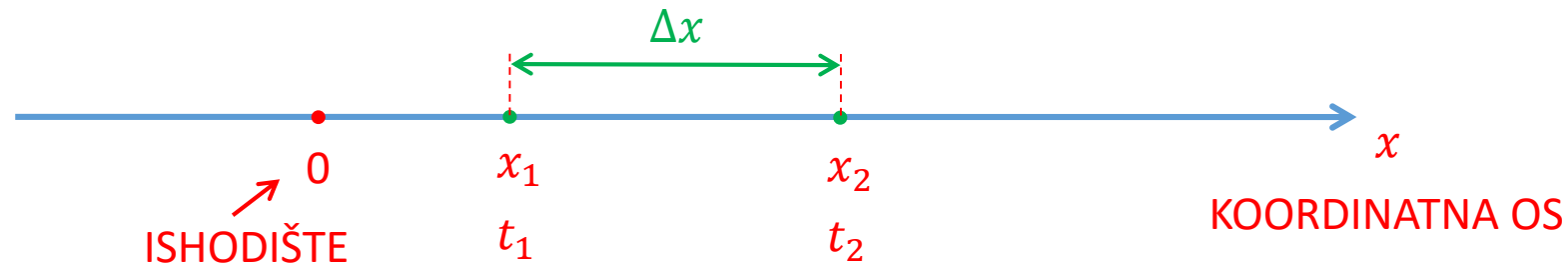
translacija



rotacija

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

Gibanje po pravcu (pravocrtno)



x – položaj čestice

t – vrijeme

OPĆENITO:

$$x = f(t)$$

- Kako se čestica giba?

v - brzina

PROSJEČNA BRZINA

ovisi o vremenskom intervalu

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

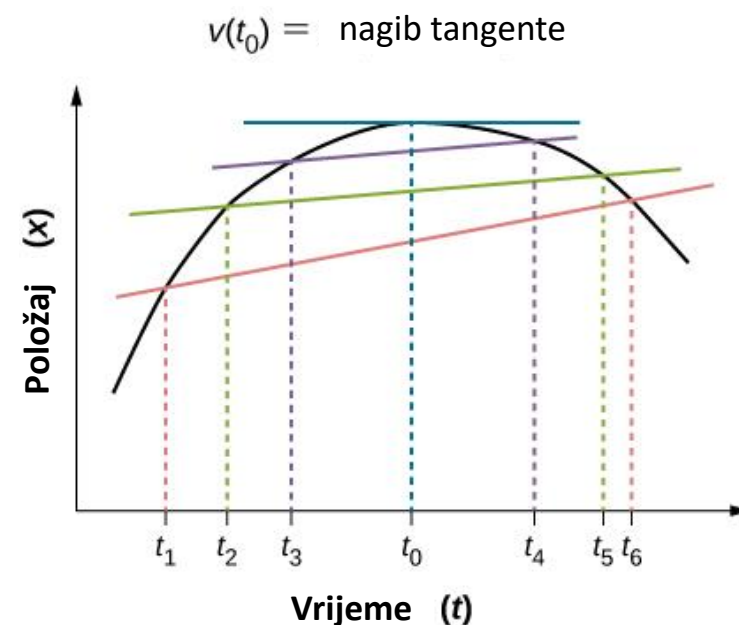
PRAVA (TRENUTNA) BRZINA

granična vrijednost

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

DERIVACIJA

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



Jedinica za mjerenje brzine (izvedena)

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

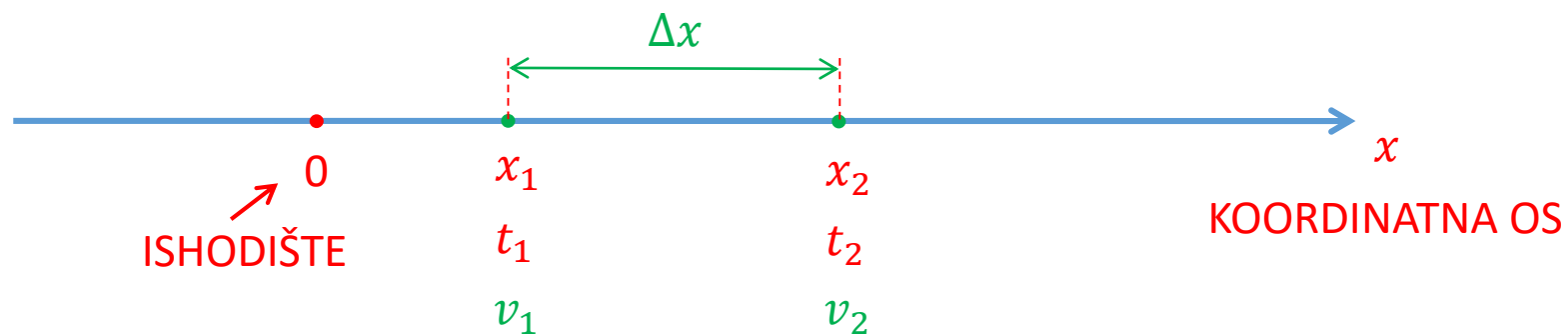
$$1 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = \frac{1}{3,6} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 0,28 \text{ ms}^{-1}$$

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

Neke tipične brzine

- 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 $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

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



x – položaj čestice

t – vrijeme

v – brzina

PROSJEČNA AKCELERACIJA

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

PRAVA AKCELERACIJA - granična vrijednost

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

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

DRUGA
DERIVACIJA

jedinica za mjerenje akceleracije

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

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

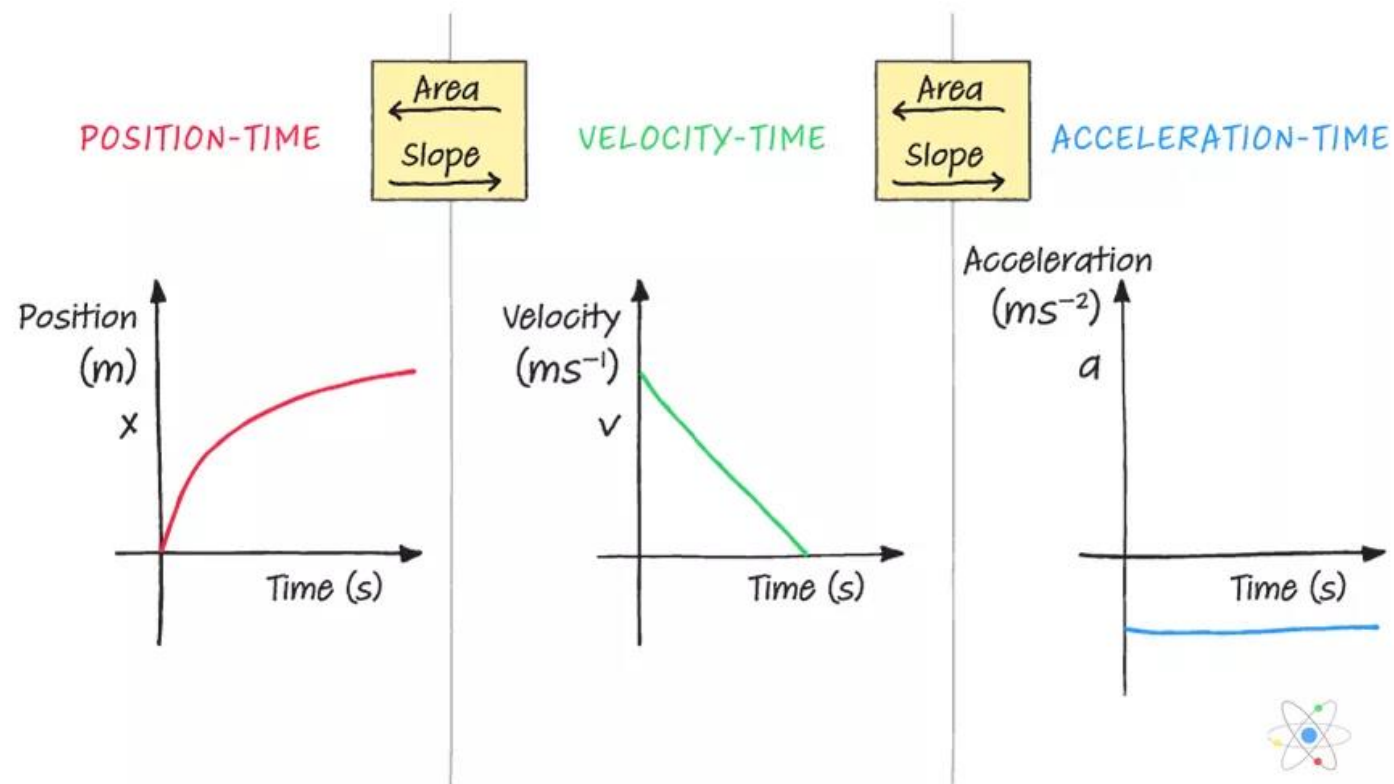
Akceleracija je vektorska veličina! $\vec{a}$

- Akceleracija je uvijek u smjeru promjene brzine (vektor)
- Ali - nije uvijek u smjeru gibanja



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

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



Jednoliko gibanje po pravcu

Najjednostavnije gibanje

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

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

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

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

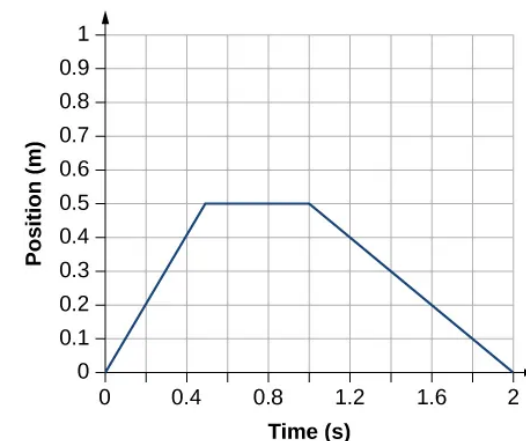
$t_0 = 0$

$$x = vt + x_0$$

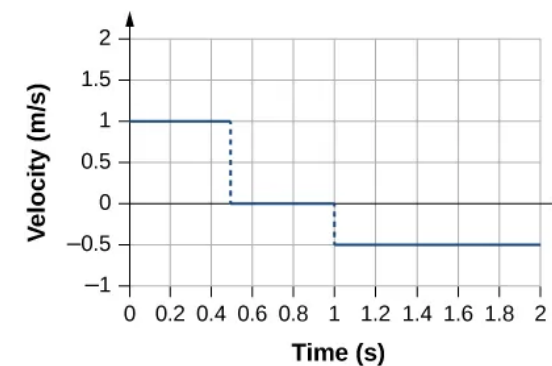
$$v = \frac{s}{t}$$

SAMO kad je
brzina konstantna

Position vs. Time



Velocity vs. Time



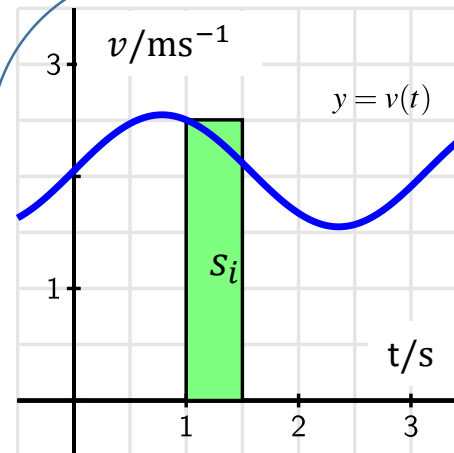
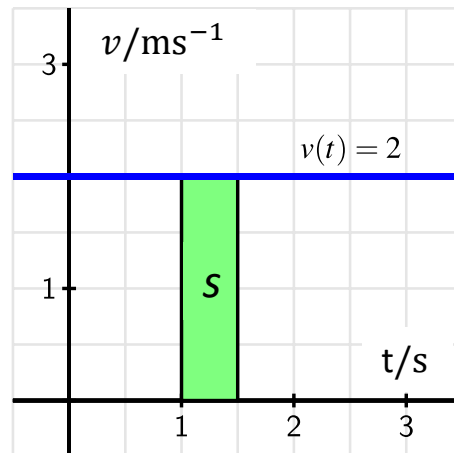
Kako izračunati prijeđeni put?

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

jednoliko gibanje

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

$$s = v \cdot t$$



nejednoliko gibanje

$$v = v(t)$$

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

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

Približno:

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

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

Jednoliko ubrzano gibanje po pravcu

Gibanje sa stalnom akceleracijom

- Za jednake vremenske intervale brzina se jednako promijeni

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

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

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

$$v = at + v_0$$

početna brzina

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

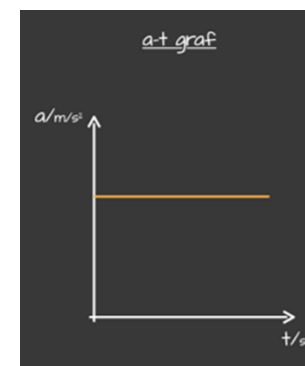
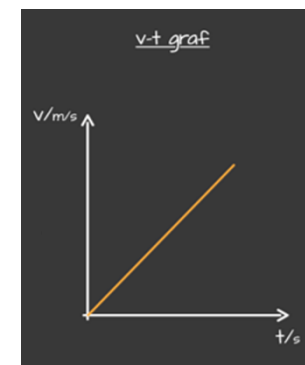
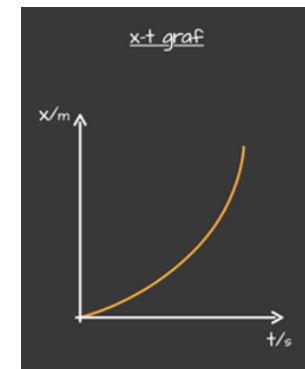
- Položaj :

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

početni položaj

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

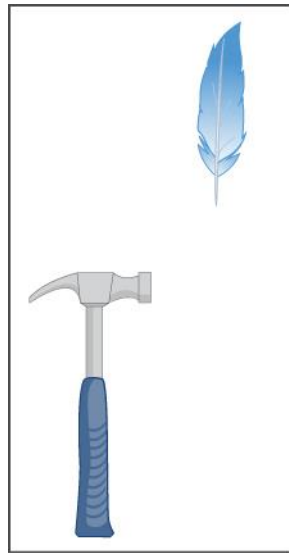
$$s = \frac{1}{2}at^2$$



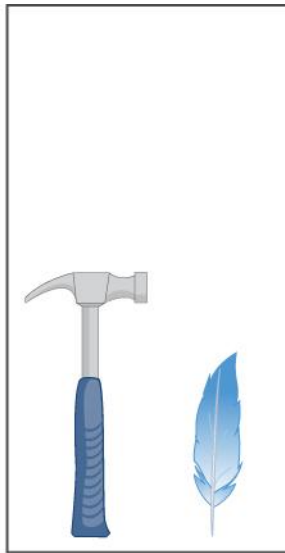
Jednoliko ubrzano gibanje po pravcu

Slobodni pad - jedan od najvažnijih primjera

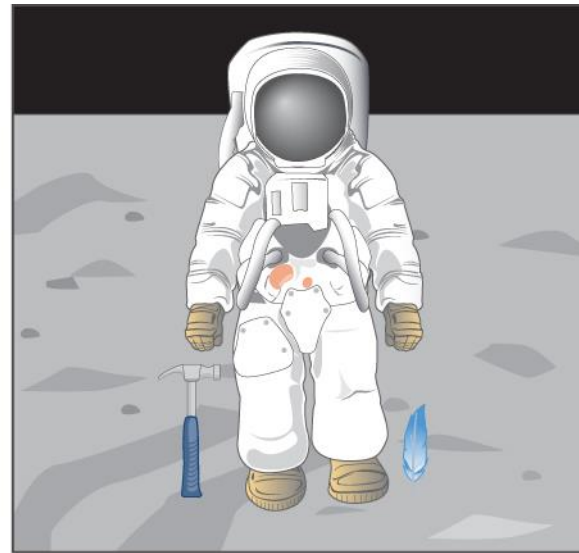
- G. Galilei



U zraku



U vakuumu



U vakuumu (drugi planeti)

- Kad nema otpora zraka (u vakuumu) sva tijela padaju jednako dugo ispuštena s iste visine

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

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

$$\left. \begin{array}{l} \bullet a = g \\ \bullet v_0 = 0 \end{array} \right\} \quad v = gt; \quad s = h = \frac{1}{2}gt^2$$