



А К А Д Е М И Ј А
ТЕХНИЧКО-ВАСПИТАЧКИХ
СТРУКОВНИХ СТУДИЈА

studijski programi:
DRUMSKI SAOBRAĆAJ, INDUSTRIJSKO INŽENJERSTVO

МЕХАНИКА 2 (ДИНАМИКА)

PREDAVANJE

SLOBODAN PAD, VERTIKALAN HITAC

dr Boban Cvetanović

SADRŽAJ PREDAVANJA

- **Slobodan pad u bezvazdušnom prostoru**
- **Vertikalan hitac naniže u bezvazdušnom prostoru**
- **Vertikalan hitac naviše u bezvazdušnom prostoru**
- **Pad u vazdušnom prostoru**



Specijalni slučajevi pravolinijskog kretanja usled dejstva sile Zemljine teže

Specijalni slučajevi su:

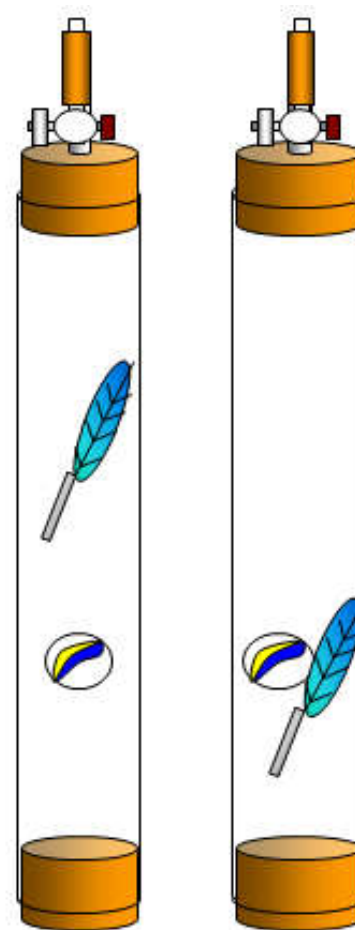
- Slobodan pad u bezvazdušnom prostoru
- Vertikalni hitac naniže u bezvazdušnom prostoru
- Vertikalni hitac naviše u bezvazdušnom prostoru
- Pad u vazdušnom prostoru

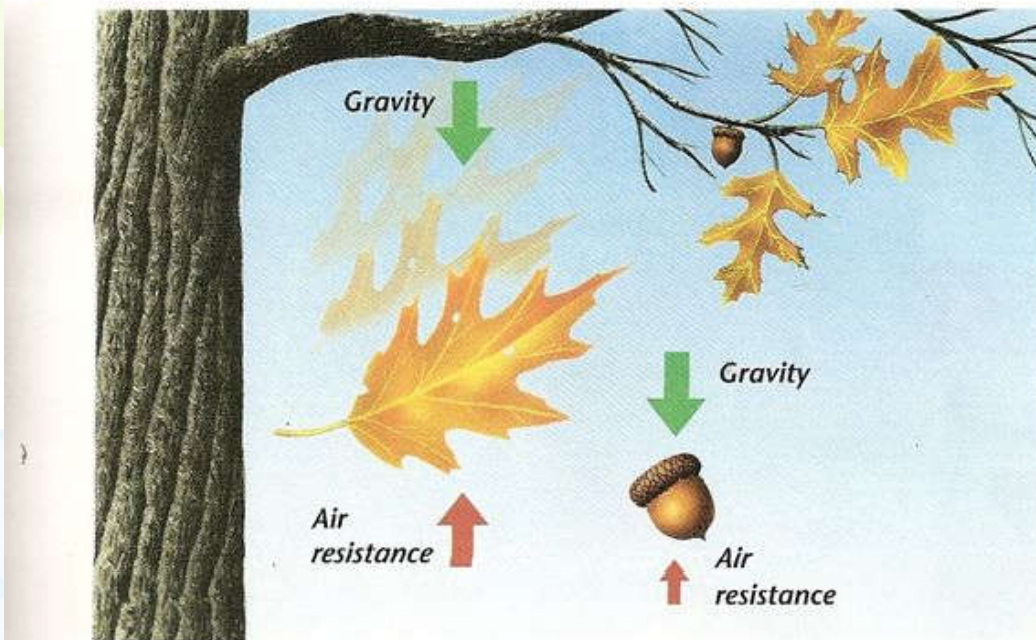
ŠTA JE BEZVAZDUŠNI PROSTOR?

Bezvazdušni prostor ili vakuum je je prazan prostor bez bilo kakve materije.

Pod kretanjem u bezvazdušnom prostoru podrazumeva se kretanje bez otpornih sila!

Zato u vakuumu sva tela padaju jednako dugo bez obzira na njihov oblik, veličinu i materijal od kojeg su napravljena.





**Na Zemlji, žir će padati brže nego list
(osim veće težine, kod žira je i manji
otpor vazduha)**

**U vakuumu, žir i list će
padati istom brzinom**



A decorative graphic on the left side of the slide features three balloons: a green one at the top, a light blue one in the middle, and a purple one at the bottom. Each balloon is attached to a string and has several small yellow triangular shapes radiating from it, resembling light rays or streamers.

SLOBODAN PAD

Pod slobodnim padom materijalne tačke podrazumeva se kretanje **pod dejstvom sile Zemljine teže iz stanja mirovanja** tj. bez početne brzine ($v_0=0$).

SLOBODAN PAD U BEZVAZDUŠNOM PROSTORU

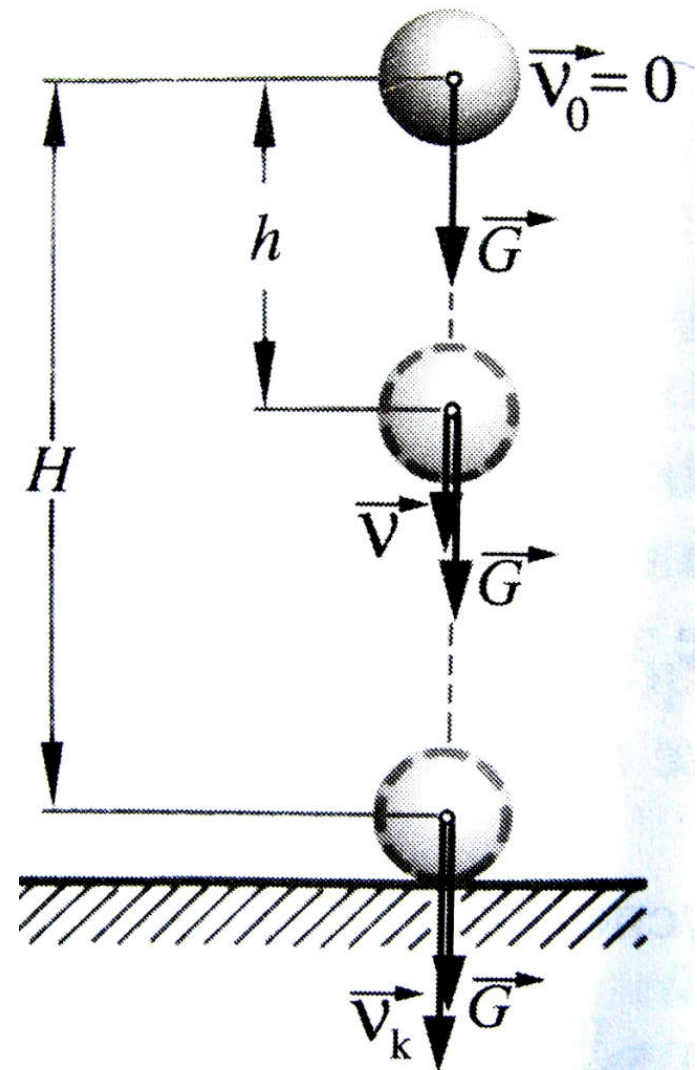
Pošto se pri kretanju u bezvazdušnom prostoru podrazumeva kretanje bez otpornih sila, na osnovu II Njutnovog zakona sledi:

$$F = G$$

$$m a = m g$$

$$(a = g = \text{const.})$$

Slobodan pad je pravolinijsko jednako-ubrzano kretanje bez početne brzine sa ubrzanjem $a=g=9,81\text{m/s}^2$.



Osnovne kinematičke j-ne ovog kretanja su:

$$a=g \quad v=g t$$

$$h=g t^2/2 \quad v^2=2 g h$$

Vreme kretanja:

$$t=v/g= (2h/g)^{1/2}$$

Ukupno vreme padanja je vreme koje će proteći dok materijalna tačka ne padne na Zemlju, tj. dok ne pređe visinu padanja H:

$$H=(g \cdot t_k^2)/2 \rightarrow t_k=(2H/g)^{1/2}$$

Brzina posle pređene visine h:

$$v=(2g \cdot h)^{1/2}$$

Krajnja brzina:

$$v_k=(2g \cdot H)^{1/2} = g \cdot t_k$$

VERTIKALAN HITAC NANIŽE U BEZVAZDUŠNOM PROSTORU

Pod vertikalnim hicem naniže, u bezvazdušnom prostoru, podrazumeva se **kretanje pod dejstvom sile Zemljine teže, bez otpornih sila i sa početnom brzinom v_0 usmerenom vertikalno naniže.**

Vertikalni hitac naniže je pravolinijsko jednakoubrzano kretanje sa početnom brzinom usmerenom vertikalno naniže i ubrzanjem $a=g=9,81\text{m/s}^2$.

Osnovne kinematičke j-ne ovog kretanja su:

$$a=g \quad v=v_0+g t$$

$$h=v_0 t+g t^2/2 \quad v^2-v_0^2=2 g h$$

Ukupno vreme padanja je vreme koje će proteći dok materijalna tačka ne padne na Zemlju, tj. dok ne pređe visinu padanja H:

$$H=v_0 t_k+(g \cdot t_k^2)/2 \rightarrow t_k=(v_k-v_0)/g$$

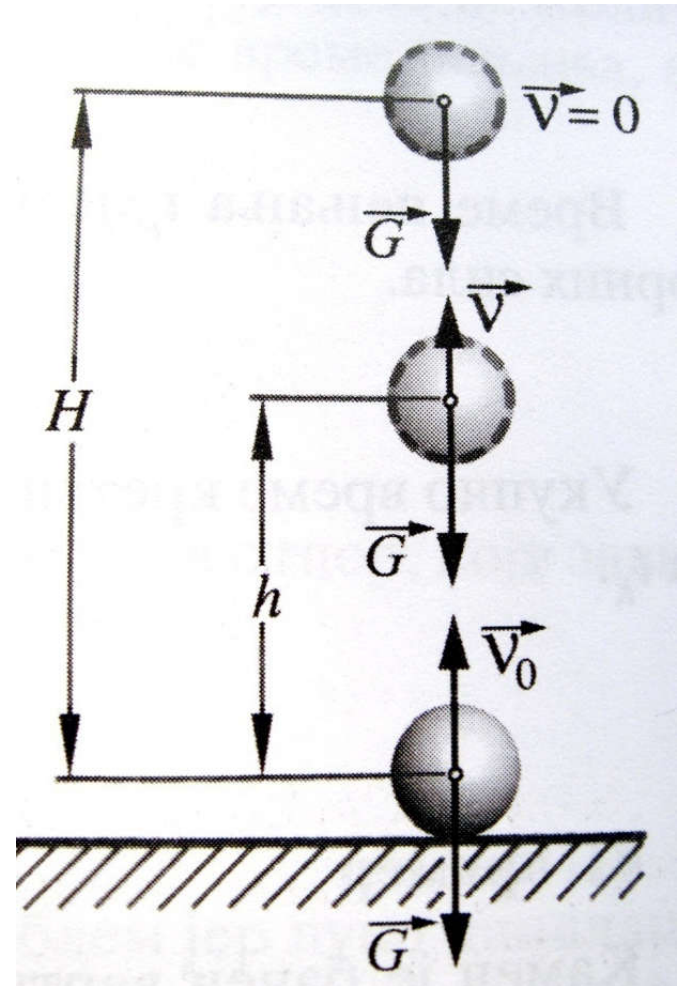
Krajnja brzina:

$$v_k=(v_0^2+2g \cdot H)^{1/2} = v_0+g \cdot t_k$$

VERTIKALAN HITAC NAVIŠE U BEZVAZDUŠNOM PROSTORU

Pod vertikalnim hicem naviše podrazumeva se kretanje **pod dejstvom sile Zemljine teže, bez otpornih sila i sa početnom brzinom v_0 usmerenom vertikalno naviše.**

Težina tela G ima suprotan smer u odnosu na smer kretanja.



Pri vertikalnom hicu naviše materijalna tačka se kreće pravolinijski jednako usporeno (dok ne dostigne najviši mogući položaj) početnom brzinom v_0 usmerenom vertikalno naviše i usporenjem $a=g=9,81\text{m/s}^2$.

Osnovne kinematičke j-ne ovog kretanja su:

$$\text{usporenje } a=g \quad v=v_0 - g t$$

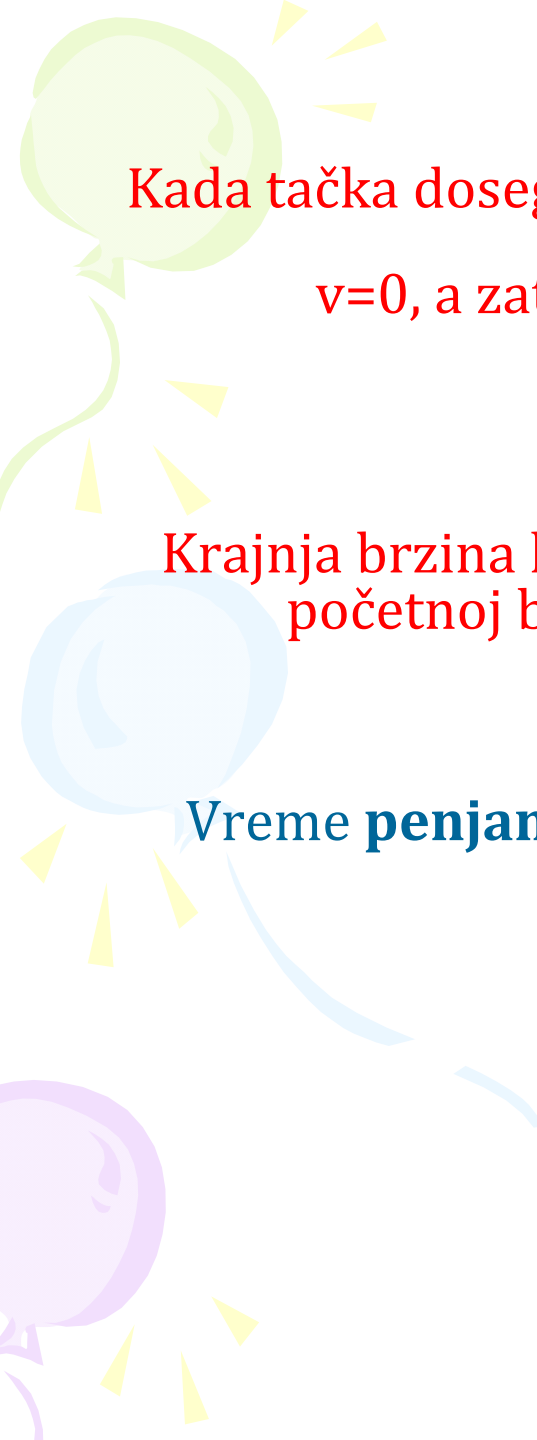
$$h=v_0 t - g t^2/2 \quad v_0^2 - v^2 = 2 g h$$

Najveća visina se dostiže u trenutku kada je trenutna brzina jednaka nuli pa je vreme penjanja materijalne tačke t_H

$$v=v_0 - g t=0 \rightarrow t_H=v_0/g$$

Visina penjanja H predstavlja domet tačke:

$$H=v_0^2/2g$$



Kada tačka dosegne visinu penjanja H za trenutak se zaustavi jer je $v=0$, a zatim se **vraća u početni položaj po zakonima slobodnog pada!!!**

Krajnja brzina kojom se tačka vraća u početni položaj jednaka je početnoj brzini kojom je tačka krenula vertikalno naviše:

$$v_K = v_0$$

Vreme **penjanja t_H jednako je vremenu padanja t_K** jer nema dejstva otpornih sila:

$$t_H = t_K$$

Ukupno vreme kretanja

$$T = t_H + t_K = 2v_0/g$$



SLOBODAN PAD U VAZDUŠNOM PROSTORU

Pri kretanju tela u realnoj sredini ono trpi otpor koji zavisi od:

- 1) Oblika i dimenzija tela**
- 2) Brzine kretanja**
- 3) Svojstva sredine kroz koju se telo kreće**



Njutn je utvrdio dve zakonitosti:

I) Sila otpora F_w za male brzine (do 1m/s) srazmerna je brzini

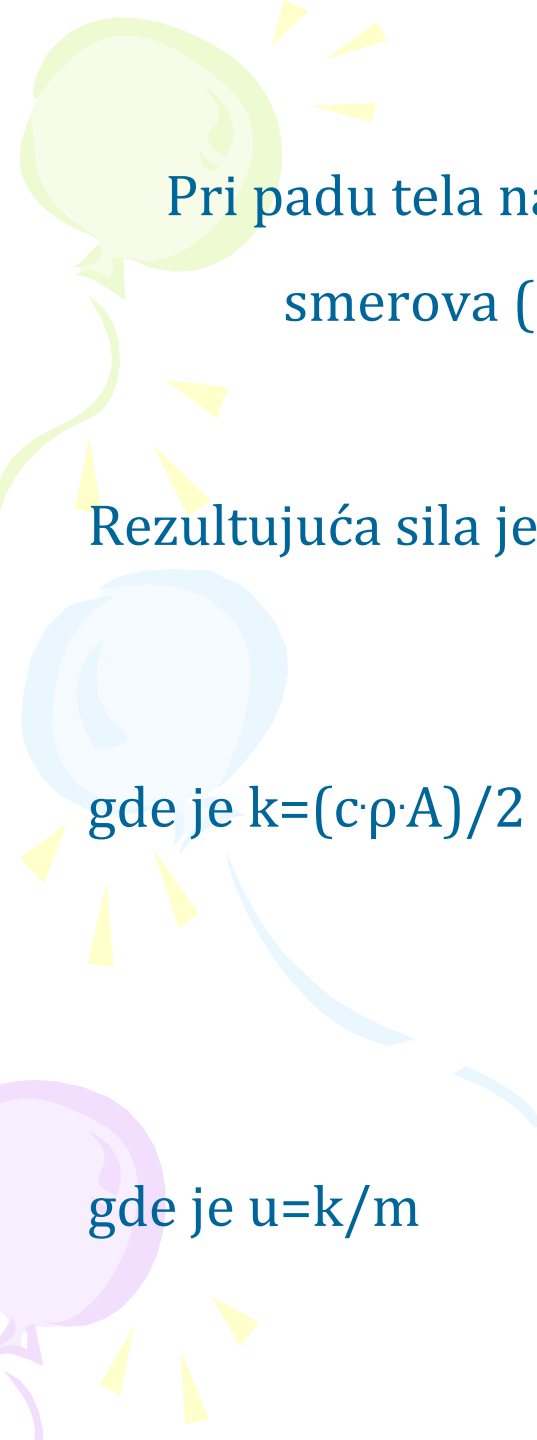
II) Sila otpora F_w za velike brzine (do 300 m/s) srazmerna je kvadratu brzine

$$F_w = (c \cdot \rho \cdot A \cdot v^2) / 2$$

c -koeficijent koji zavisi od oblika tela

ρ -gustina sredine

A -površina projekcije tela u ravni upravnoj na pravac kretanja tela



Pri padu tela na njega deluju dve sile istih pravaca, a suprotnih smerova (**sila Zemljine teže i sila otpora vazduha**).

Rezultujuća sila je:

$$F_R = G - F_w = m \cdot g - k \cdot v^2$$

gde je $k = (c \cdot \rho \cdot A) / 2$

$$m \cdot a = m \cdot g - k \cdot v^2$$

$$\rightarrow \mathbf{a = g - uv^2}$$

gde je $u = k/m$



a je pozitivno i smanjuje se jer brzina v raste.

Kada **a padne na nulu brzina ima najveću vrednost**
(tzv.granična brzina padanja)

$$a = g - uv_{gr}^2 = 0$$
$$\rightarrow v_{gr} = (g/u)^{1/2}$$

$$v_{gr} = (2G/c \cdot \rho \cdot A)^{1/2}$$

Kada telo dostigne v_{gr} nastavlja kretanje jednoliko tom
brzinom!!!

Pri padanju u vazduhu telo ne može dostići brzinu veću od v_{gr} .