

Základy biomechaniky

III. Pohyb cvičence v časoprostoru

Václav Bittner

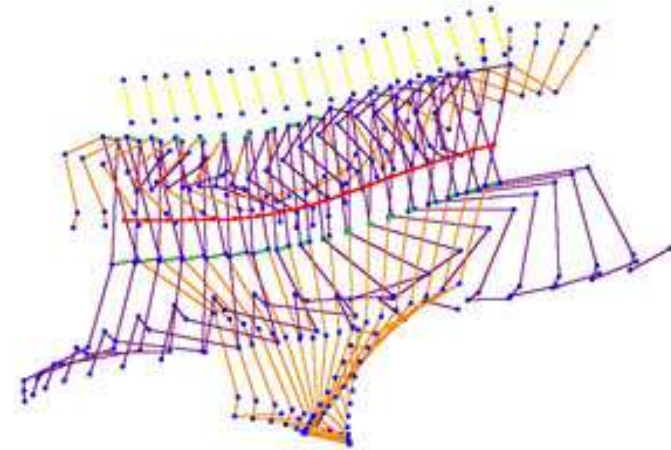
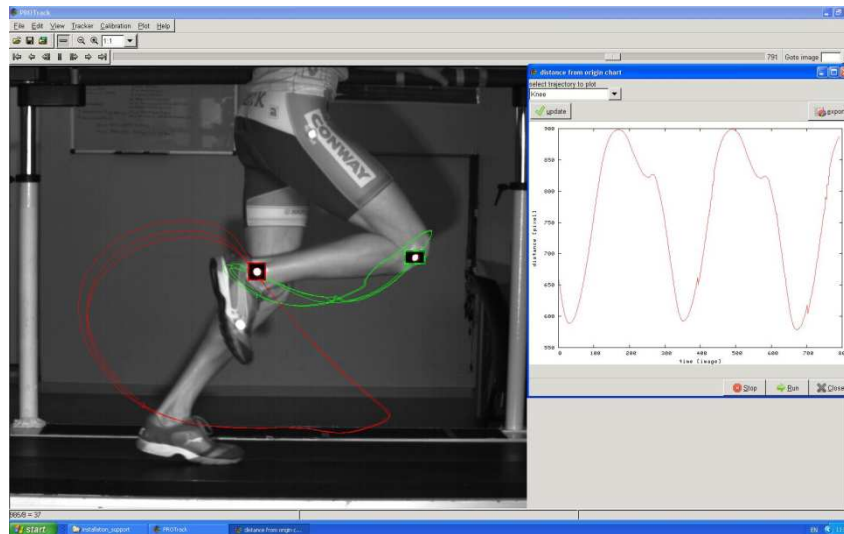
Pohyb cvičence

- **Pohled**

- Kinematický (popis pohybu – r , s , v , a , t)
- Dynamický (příčiny pohybu – F , p , M , E ...)

- **Fyzikální modely**

- Hmotný bod (např. celkové těžiště)
- Soustava hmotných bodů (např. význačné anatomické body)
- Těleso (např. stick model)



(převzato z: http://www.bemidjstate.edu/academics/departments/physical_education_health_sport/about/facilities/biomechanics_lab/
http://www.alrad.co.uk/imaging/New_products.html) a <http://www.brooklynartscouncil.org/artists/15011>

Kinematický rozbor pohybu objektu

- **Dimenze**

- 1D pohyb (po linii – silnice, běžecká dráha, přímka)
- 2D pohyb (po ploše – kluziště, zemský povrch, skok, rovina)
- 3D pohyb (v prostoru – let)

- **Složky pohybu**

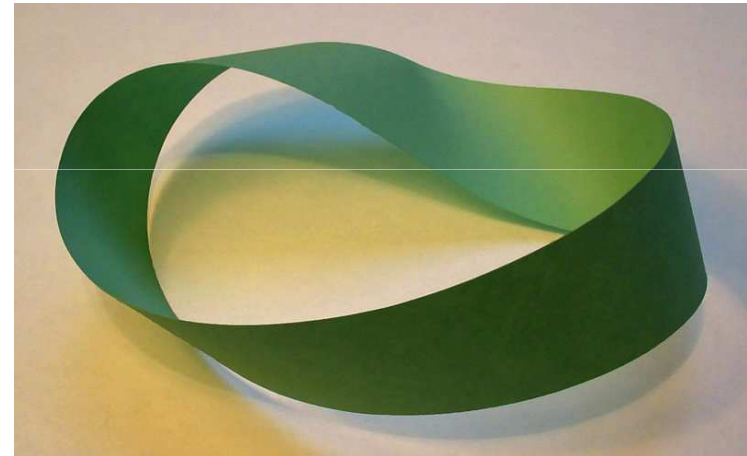
- Translační
- Rotační
- Složený

- **Druhy pohybu dle trajektorie**

- Přímočarý
- Křivočarý

- **Druhy pohybu dle velikosti rychlosti**

- Rovnoměrný
- Nerovnoměrný



(převzato z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:M%C3%B6bius_strip.jpg)

Základní kinematické principy

- **Pohyb znamená změnu:**

- polohy (časová změna polohy je rychlost)
- rychlosti (časová změna rychlosti je zrychlení)
- zrychlení (v principu je možná, ale nemá jasnou interpretaci)

$$\boxed{r(t) \rightarrow v(t) \rightarrow a(t)}$$

- **Změna vektorové veličiny $\Delta \vec{x}$ znamená:**

- Změnu velikosti vektoru
- Změnu směru vektoru
- Změnu velikosti i směru

- **Popsat pohyb znamená znát:**

- Polohu v každém čase pohybu - trajektorii
- Rychlost a zrychlení v každém bodě trajektorie

Změna vektoru rychlosti

Vektor zrychlení

Rozklad vektoru zrychlení

Analogie mezi kinematickým popisem posuvného a otáčivého pohybu

posuvný pohyb

dráha	s, x, \dots	[m, mm]
rychlost	v $v = \dot{s}$	[m/s]
zrychlení	a $a = \dot{v} = \ddot{s} = v \cdot \frac{dv}{ds}$	[m/s ²]

rotační pohyb

úhel	ϕ	[rad, °]
úhlová rychlost	ω $\omega = \dot{\phi}$	[rad/s]
úhlové zrychlení	ε $\varepsilon = \dot{\omega} = \ddot{\phi} = \omega \cdot \frac{d\omega}{d\phi}$	[rad/s ²]

příklad - rovnoměrně zrychlený pohyb

$$v = a \cdot t + v_0$$

$$s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 + v_0 \cdot t + s_0$$

$$\omega = \varepsilon \cdot t + \omega_0$$

$$\phi = \frac{1}{2} \cdot \varepsilon \cdot t^2 + \omega_0 \cdot t + \phi_0$$

Pohyb v gravitačním poli - vrhy

- Homogenní gravitační pole

- $\vec{F}_g = \overrightarrow{konst}$

- $F_g = m \cdot g$

- Vrhy

- svislý
 - vodorovný
 - šikmý (s nulovou nebo nenulovou odvrhovou výškou)

Svislý vrh

Svislý vrh vzhůru

$$v = v_0 - gt$$

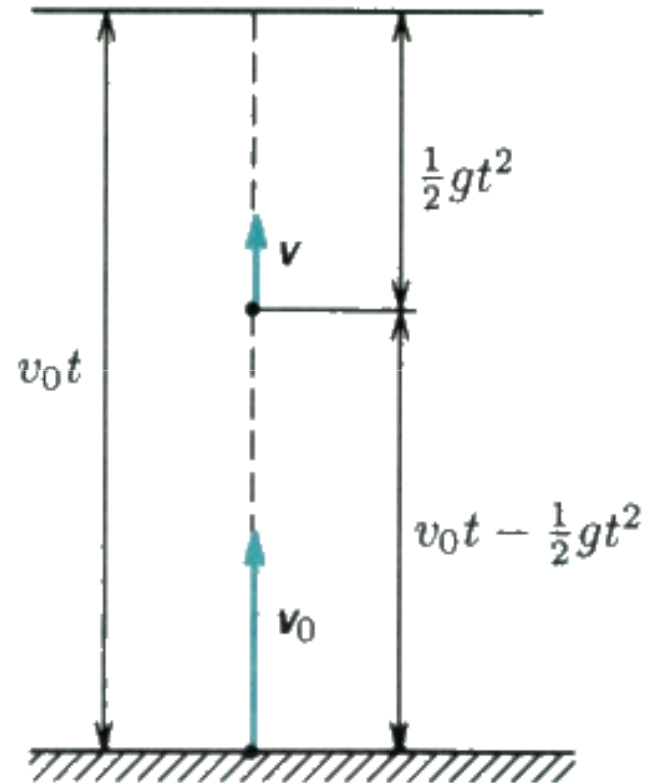
$$h = v_0 t - 0,5gt^2$$

$$h_{max} = 0,5 v_0^2/g$$

Svislý vrh dolů

$$v = v_0 - gt$$

$$s = v_0 t - 0,5gt^2$$



Svislý vrh vzhůru

Vodorovný vrh

Osa X:

pohyb rovnoměrný

$$x = v_0 t$$

$$d = v_0 \sqrt{2h/g}$$

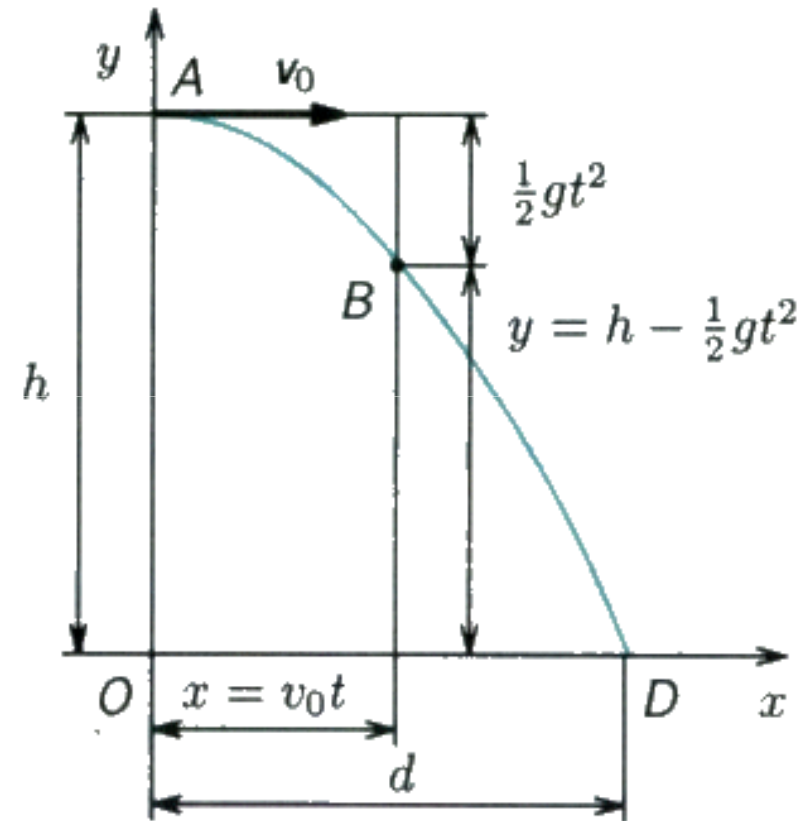
Osa Y:

pohyb rovnoměrně zrychlený

$$y = h - 0,5gt^2$$

Okamžitá rychlost

$$v^2 = (v_0^2 + (gt)^2)$$



Vodorovný vrh

Vrh šikmý

Základní vztahy:

$$v_x = v_0 \cos \alpha,$$

$$v_y = v_0 \sin \alpha - gt$$

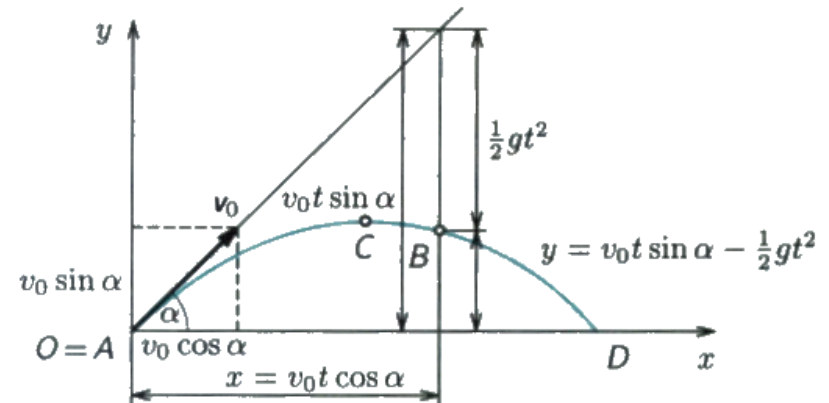
$$x = v_0 t \cos \alpha$$

$$y = v_0 t \sin \alpha - 0,5gt^2$$

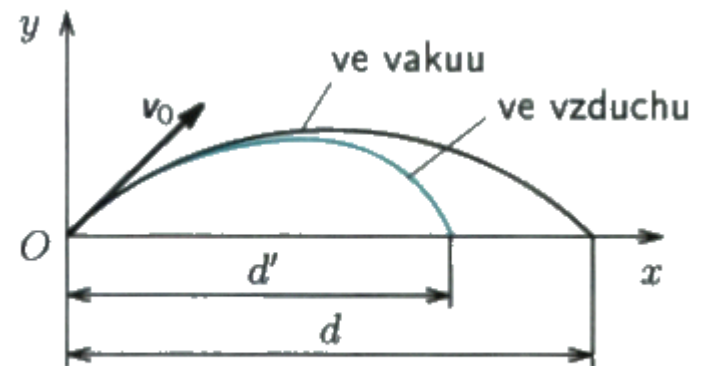
Délka šikmého vrhu:

optimum $\alpha = 45^\circ$

$$l = \frac{v_0^2 \cdot \sin 2\alpha}{g}$$



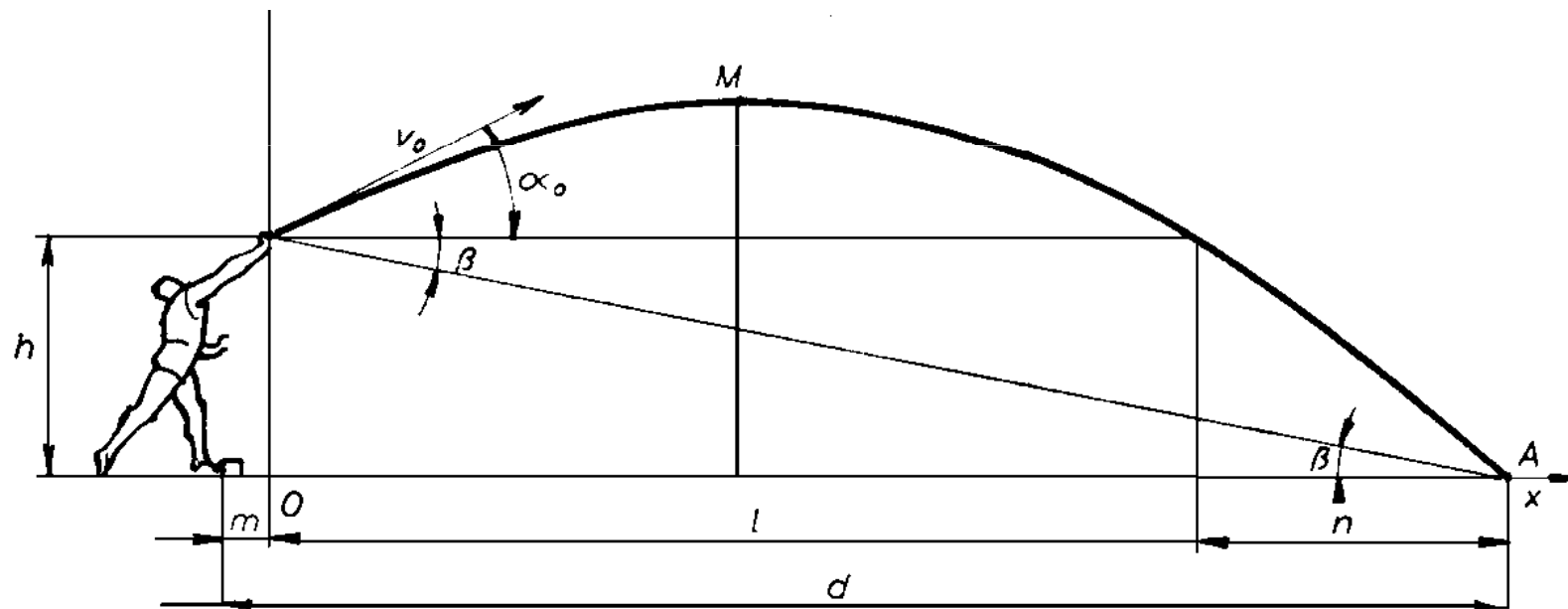
Šikmý vrh vzhůru



Trajektorie šikmého vrhu vzhůru
ve vakuu a ve vzduchu

Vrh šikmý – nenulová odvrhová výška

Délka dopadu:
$$l = \frac{v_0^2 \cdot \cos 2\alpha}{g} \left(\sin \alpha + \sqrt{\sin^2 \alpha + \frac{2 \cdot g \cdot h}{v_0^2}} \right)$$



(převzato z: http://www.oocities.org/vektor_ol/html/i/ig.html)