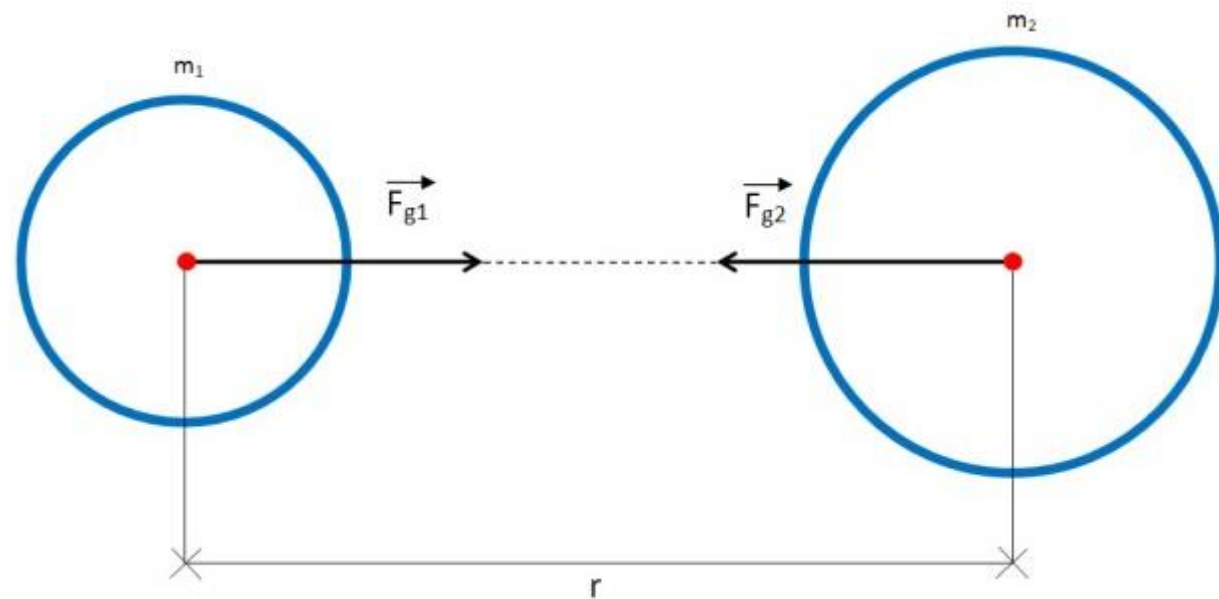


# Gravitační pole

# Newtonův gravitační zákon

- $F_g = \kappa \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$
- platí zákon akce a reakce
- gravitační konstanta  $\kappa$
- $\kappa = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$



# Gravitační zrychlení $\vec{a}_g$

- $\vec{a}_g = \frac{\vec{F}_g}{m}$

- pro Zemi:  $a_g = \frac{\kappa \cdot M_Z}{r^2}$

- na povrchu Země:  $a_g = \frac{\kappa \cdot M_Z}{R_Z^2}$

- ve výšce  $h$  nad povrchem Země:  $a_g = \frac{\kappa \cdot M_Z}{(R_Z + h)^2}$

# Intenzita gravitačního pole $\vec{K}$

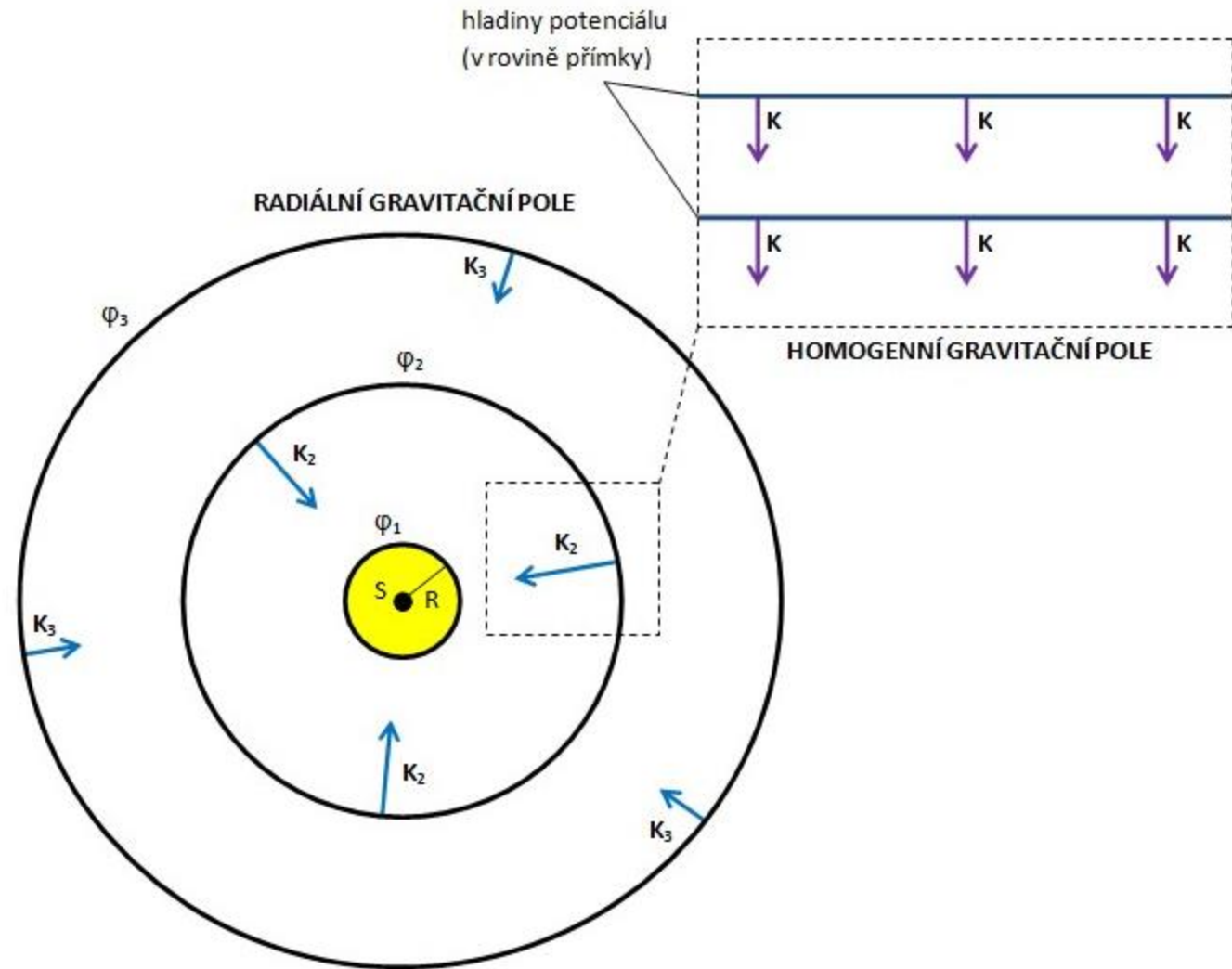
- $\vec{K} = \frac{\vec{F}_g}{m}$
- $[K] = N \cdot kg^{-1}$
- $[a_g] = m \cdot s^{-2}$
  
- gravitační potenciální energie
- $E_p = m \cdot K \cdot h$
- $E_p = m \cdot a_g \cdot h$

# Gravitační potenciál $\varphi_g$

- $\varphi_g = \frac{E_p}{m}$
- $[\varphi_g] = J \cdot kg^{-1}$

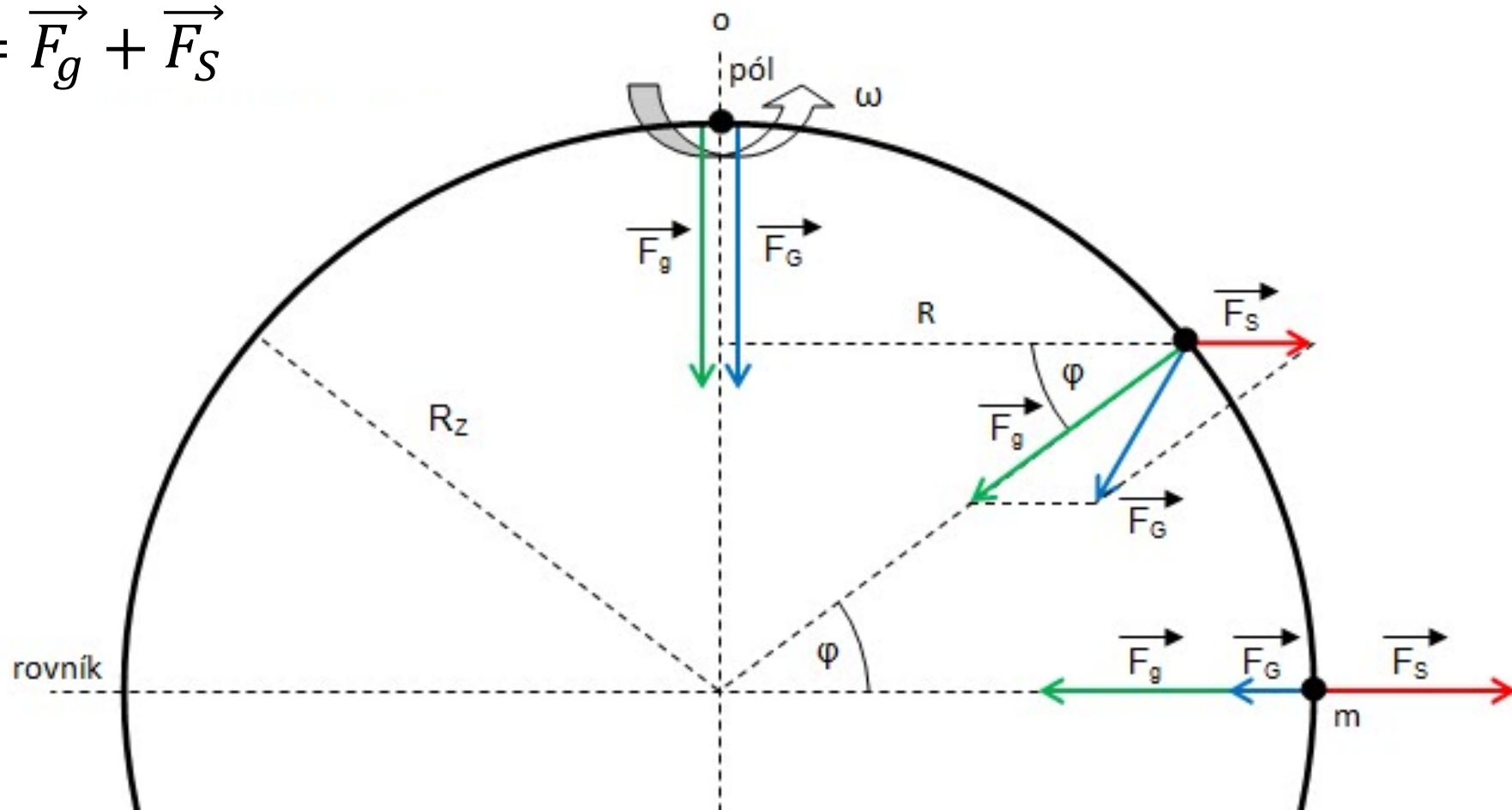
# Gravitační pole

- centrální (radiální)
- různý směr a různá velikost
- homogenní
- stejný směr a stejná velikost



# Tíhová síla $\vec{F}_G$

- Země se otáčí kolem své osy  $\Rightarrow$  na tělesa působí také odstředivá síla
- $\vec{F}_G = \vec{F}_g + \vec{F}_S$



# Tíhové zrychlení $\vec{g}$

- jeho velikost závisí na zeměpisné šířce
- na rovníku  $g \approx 9,78 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
- na pólech  $g \approx 9,83 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
- normální tíhové zrychlení  $g_n = 9,80665 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$



# Pohyby v homogenním tíhovém poli Země

- volný pád
- vrh svislý vzhůru
- vrh vodorovný
- vrh šikmý vzhůru
  
- vrhy jsou pohyby složené
  - volný pád
  - pohyb rovnoměrný přímočarý ve směru počáteční rychlosti  $\vec{v}_0$

# Volný pád

- $v = g \cdot t$

- $s = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$

- $y = h - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$

- rychlost dopadu

- $v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$

# Vrh svislý vzhůru

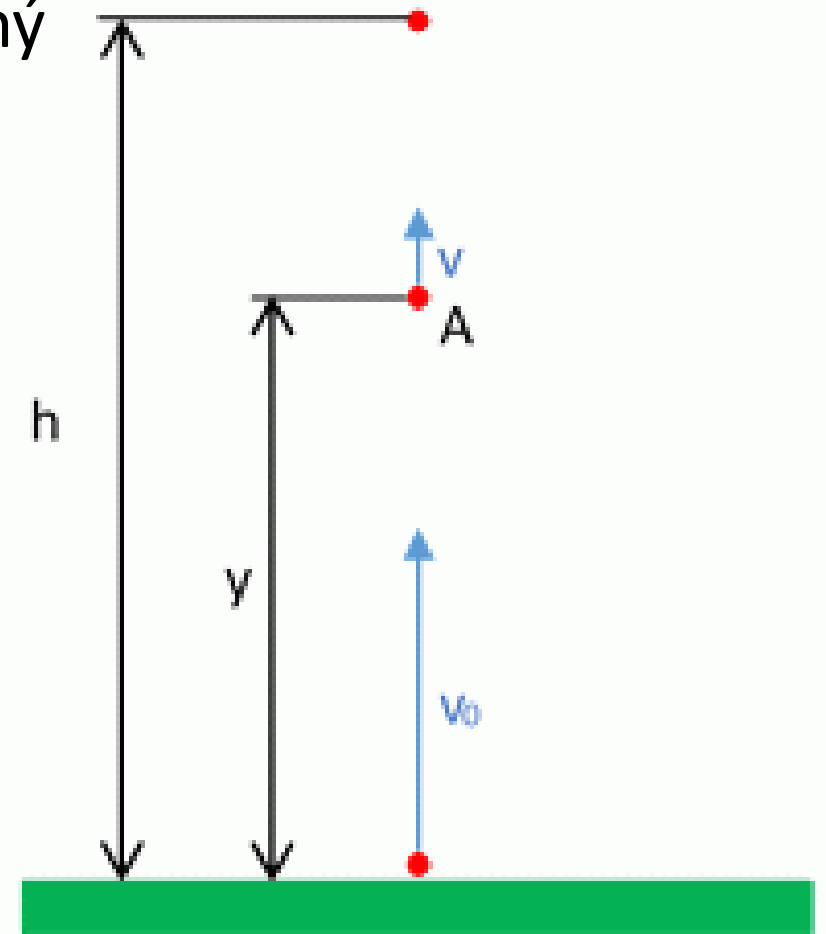
- směrem vzhůru pohyb rovnoměrně zpomalený

- $v = v_0 - g \cdot t$

- $y = v_0 \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$

- doba výstupu  $t_h = \frac{v_0}{g}$

- výška vrhu  $h = \frac{v_0^2}{2g}$

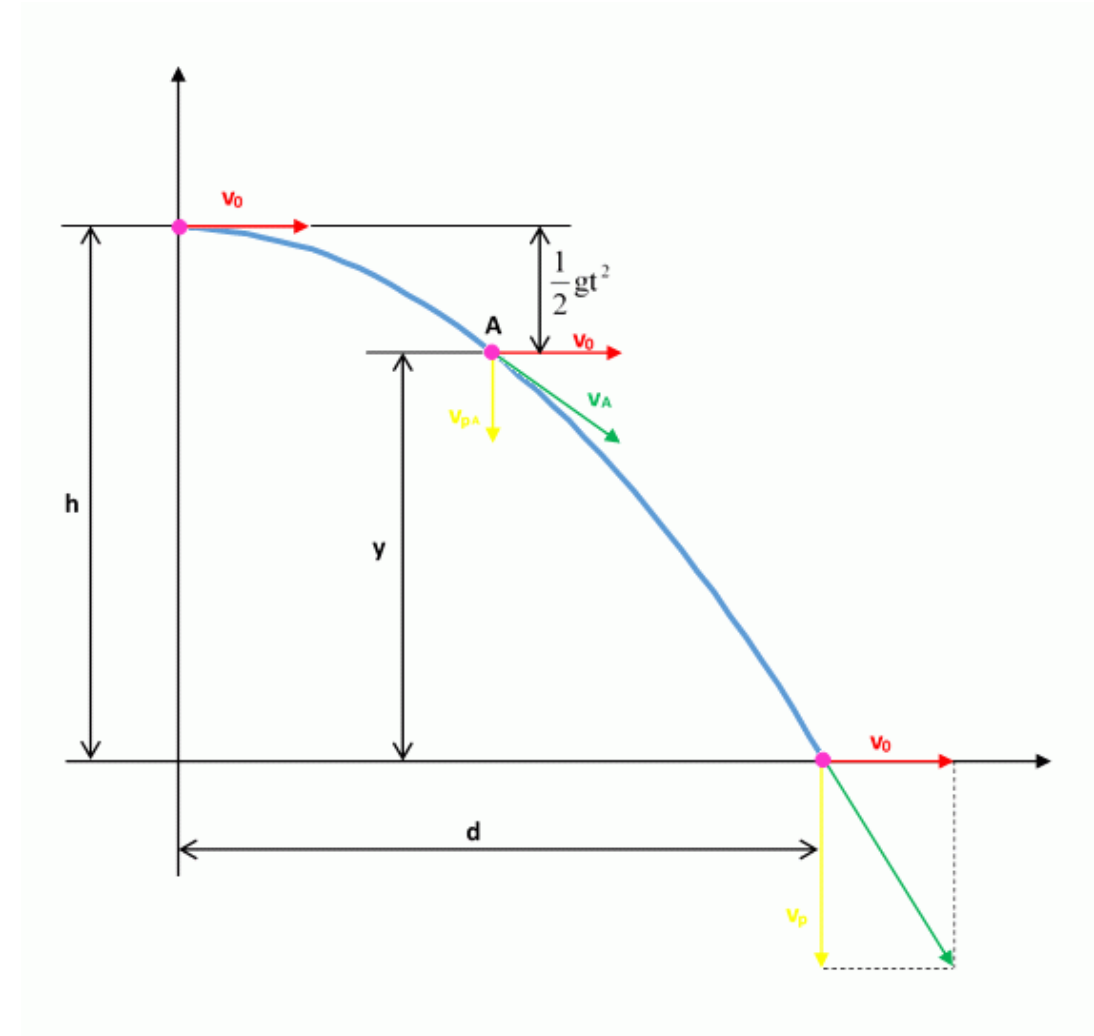


# Vrh vodorovný

- pohyb nerovnoměrně zrychlený
- trajektorií je část paraboly
- těleso bylo vrženo vodorovně z výšky  $h$

- $v_x = v_0$
- $v_y = g \cdot t$

- $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 + g^2 \cdot t^2}$



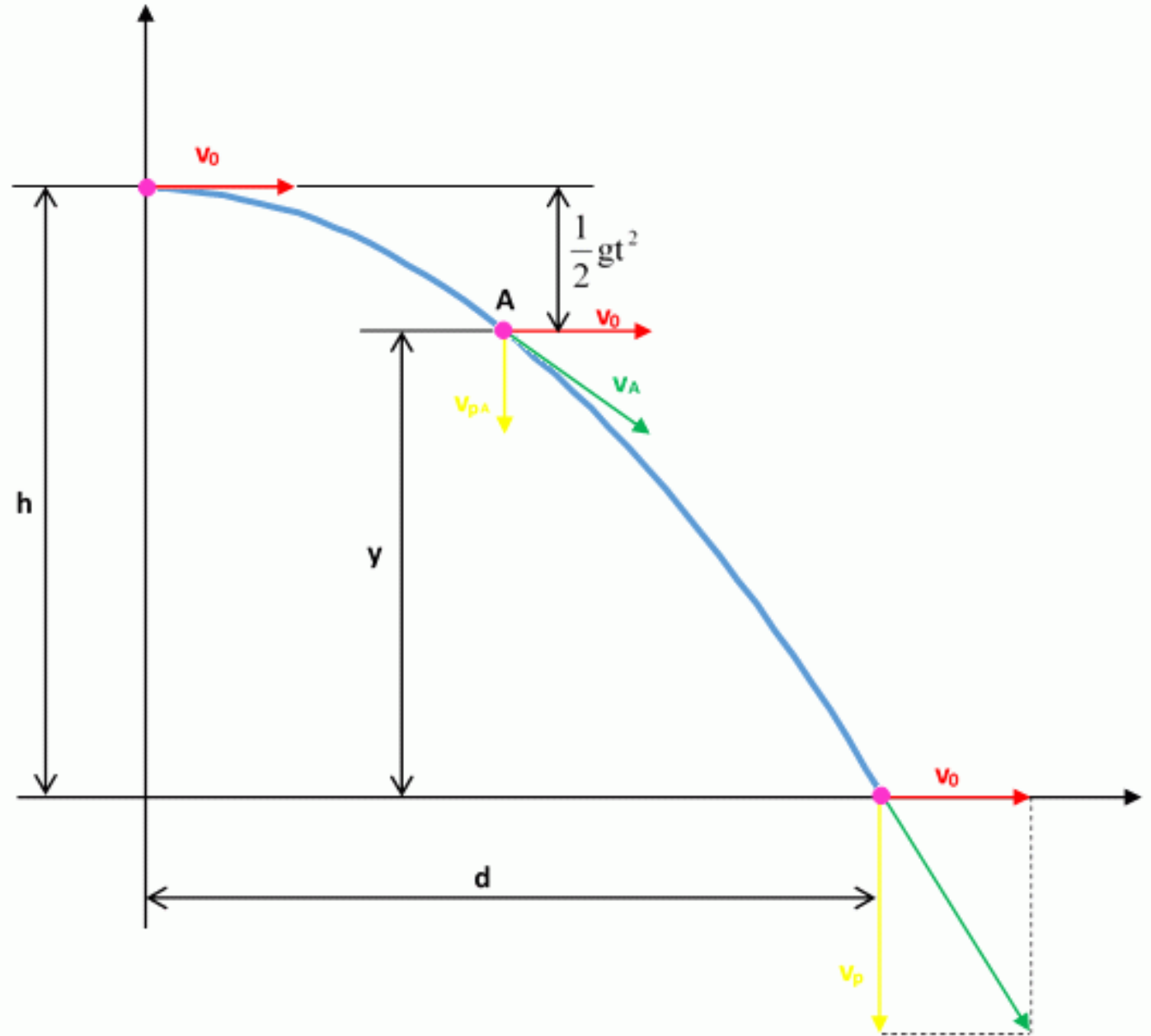
# Vrh vodorovný

- $x = v_0 \cdot t$

- $y = h - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$

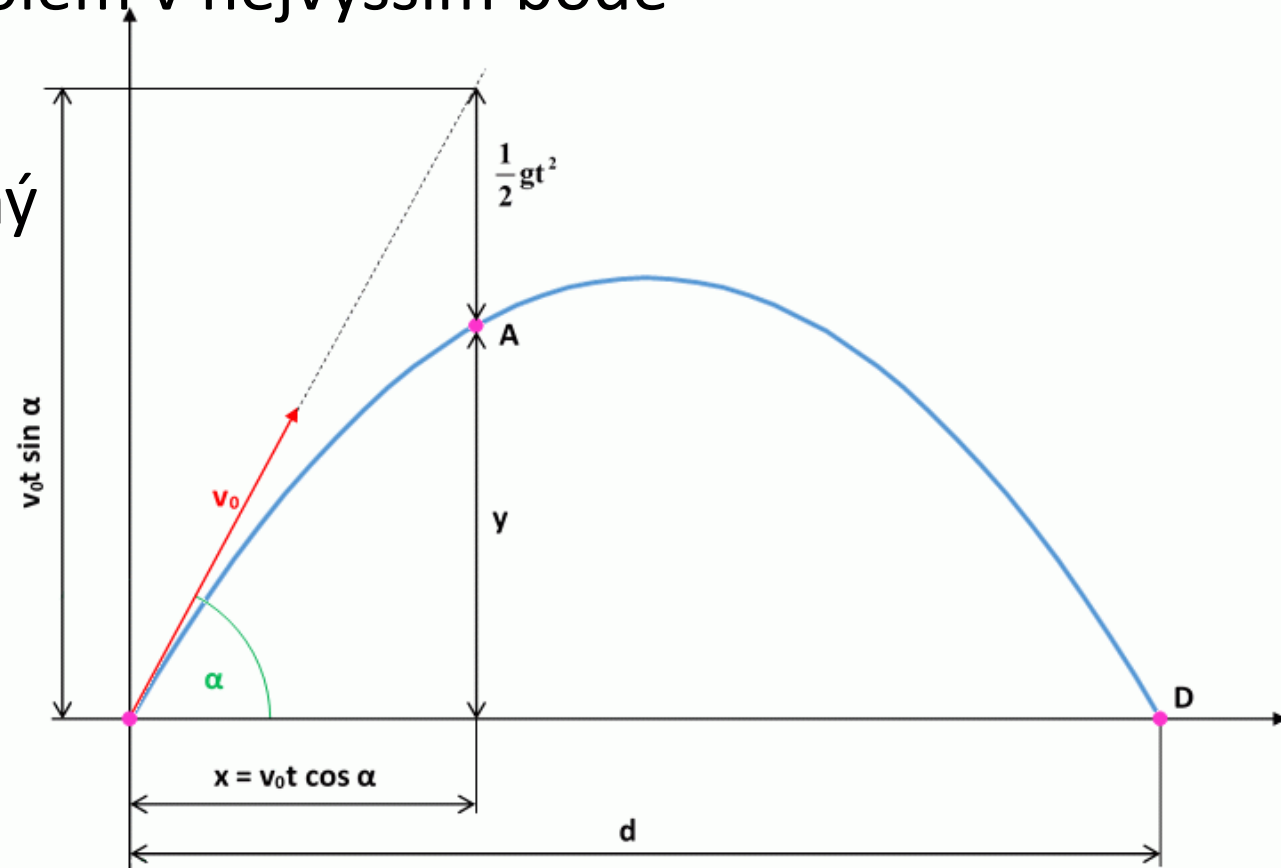
- doba dopadu  $t_d = \sqrt{\frac{2h}{g}}$

- délka vrhu  $d = v_0 \cdot \sqrt{\frac{2h}{g}}$



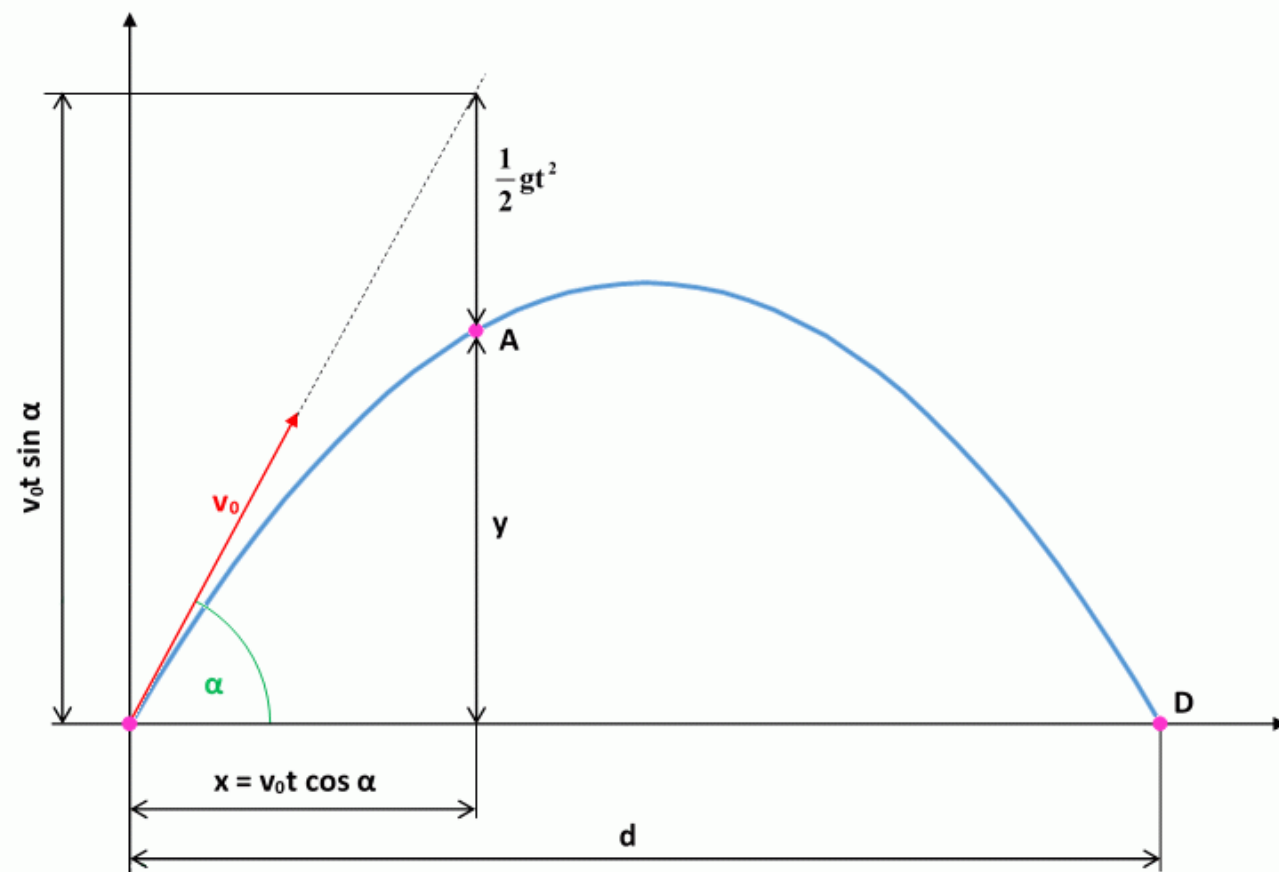
# Vrh šikmý vzhůru

- těleso je vrženo pod elevačním úhlem  $\alpha$
- trajektorií je část paraboly s vrcholem v nejvyšším bodě
- ve směru osy x pohyb rovnoměrný
- ve směru osy y vrh svislý vzhůru



# Rychlost vrhu šikmého vzhůru

- počáteční rychlost
  - $v_{0x} = v_0 \cdot \cos \alpha$
  - $v_{0y} = v_0 \cdot \sin \alpha$
- okamžitá rychlost
  - $v_x = v_{0x} = v_0 \cdot \cos \alpha$
  - $v_y = v_{0y} - g \cdot t = v_0 \cdot \sin \alpha - g \cdot t$
- celková rychlost
  - $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$



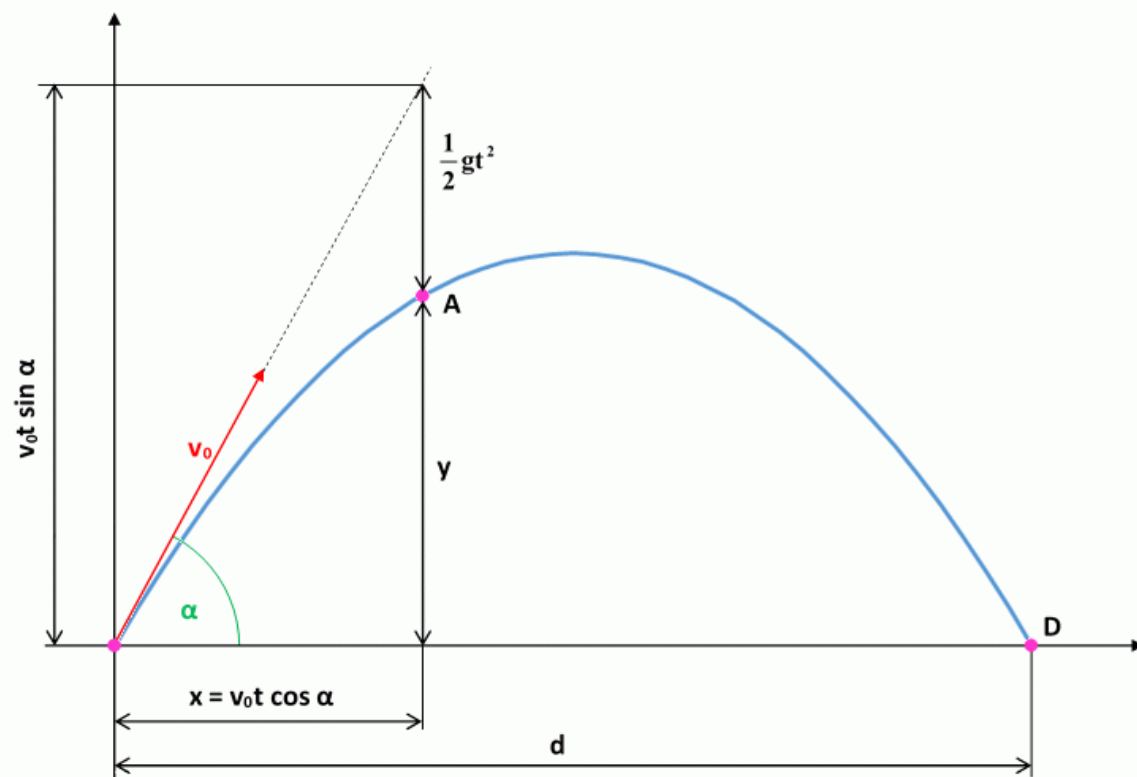
# Poloha při vrhu šikmém vzhůru

- $x = v_{0x} \cdot t = v_0 \cdot t \cdot \cos \alpha$
- $y = v_{0y} \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 = v_0 \cdot t \cdot \sin \alpha - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$

- doba dopadu  $t_d = \frac{2v_0 \cdot \sin \alpha}{g}$

- délka vrhu  $d = \frac{v_0^2 \cdot \sin 2\alpha}{g}$

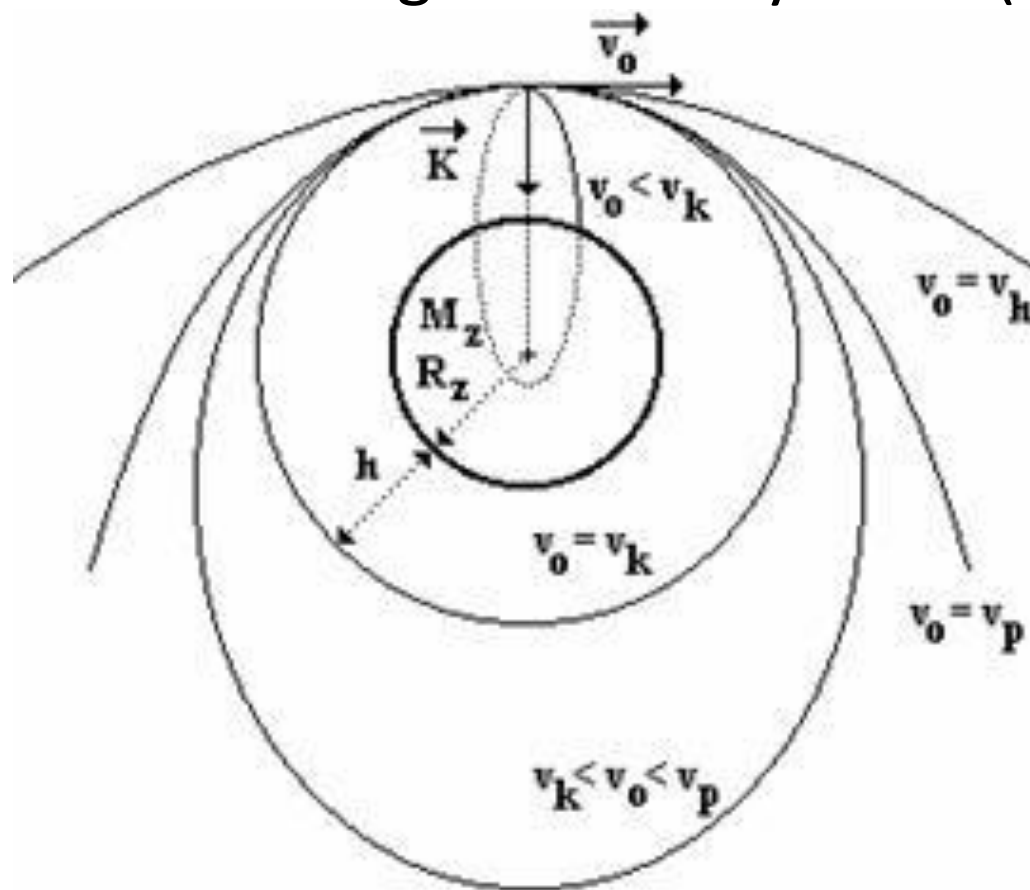
- maximální délka pro  $\alpha = 45^\circ$





# Pohyby v centrálním gravitačním poli Země

- v dostatečné vzdálenosti od Země je tělesu udělena počáteční rychlost ve směru kolmém na gravitační zrychlení (sílu)



# Kruhová rychlost $\vec{v}_k$

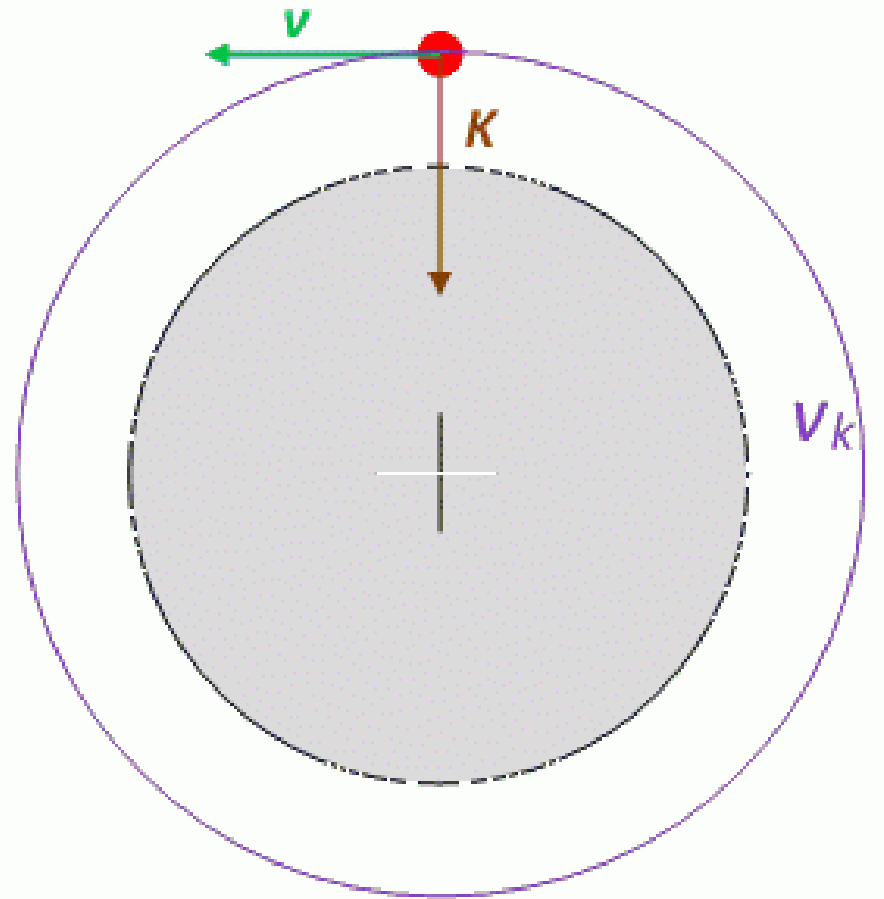
- $F_d = F_g$

- $v_k = \sqrt{\frac{\kappa \cdot M_Z}{R_Z + h}}$

- dále od Země je kruhová rychlost nižší

- při povrchu Země – 1. kosmická rychlost

- $v_k = \sqrt{\frac{\kappa \cdot M_Z}{R_Z}} = \sqrt{a_g \cdot R_Z} = 7,9 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$



# Parabolická (úniková) rychlost $\vec{v}_p$

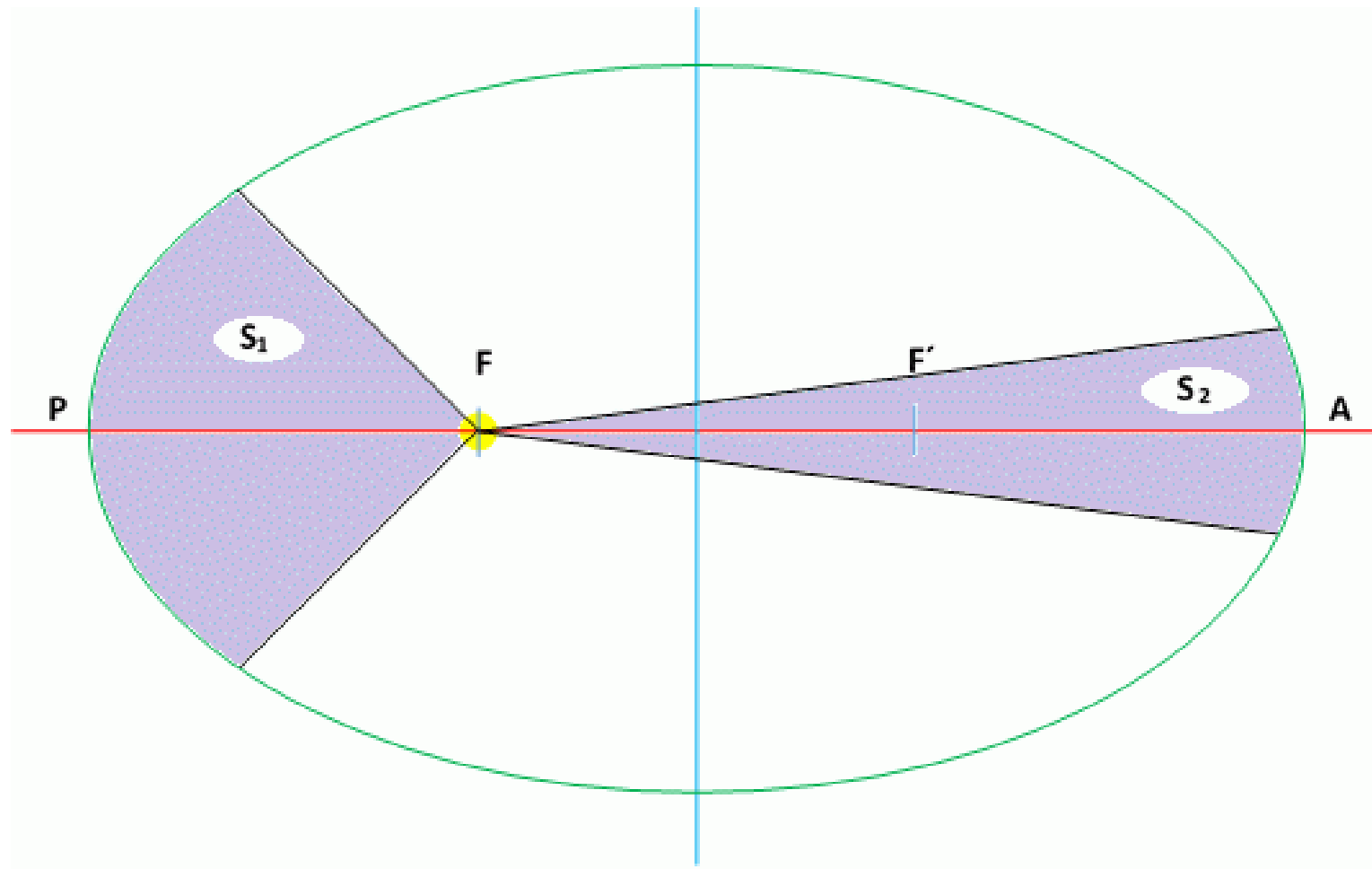
- $v_p = v_k \cdot \sqrt{2}$
- při povrchu Země – 2. kosmická rychlost
- $v_p = 11,2 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$

# Pohyby v centrálním gravitačním poli Slunce

- Keplerovy zákony
- 1. Keplerův zákon
- Planety se pohybují kolem Slunce po elipsách málo odlišných od kružnic, v jejichž společném ohnisku je Slunce.

## 2. Keplerův zákon

- Obsahy ploch opsaných průvodičem planety za jednotku času jsou konstantní.
- P ... perihélium ... přísluní
- A ... afélium ... odsluní



# 3. Keplerův zákon

- Poměr druhých mocnin oběžných dob dvou planet se rovná poměru třetích mocnin hlavní poloos jejich trajektorií.

- $$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$

- astronomická jednotka – vzdálenost Země od Slunce
- $1 AU = 150 \cdot 10^6 km = 1,5 \cdot 10^{11} m$

Testové otázky