



KOSMOLOGICKE MODELY

- Úvod
- Hubbleův zákon

- Řešení
- Vlastnosti řešení

- Vycházejí z Friedmannovy rovnice a rovnice dokonalé tekutiny

$$\left(\frac{\dot{a}}{a}\right)^2 = \frac{8\pi}{3} \rho - \frac{\omega}{a^2} \quad \dot{\rho} + 3\frac{\dot{a}}{a}\left(\rho + \frac{p}{c^2}\right) = 0$$

- Rovnice neuvažují relativitu, vhodné pouze pro ranný vesmír – chybí kosmologická konstanta

HUBBLEOV ZÁKON

• Rychlost: $\vec{v} = d\vec{r}/dt$, $\vec{v} = \left| \frac{\dot{\vec{r}}}{\vec{r}} \right| \vec{r} = \frac{\dot{a}}{a} \vec{r}$

• Souputující souřadnice $\vec{x} : \dot{\vec{r}} = a\dot{\vec{x}}$

• Hubbleův zákon: $\vec{v} = H\vec{r}$

• Hubbleova „konstanta“ (parametr): $H = \frac{\dot{a}}{a}$

• H_0 – označuje H v dnešní době

• Hubbleova konstanta není konstantou v čase, ale prostoru $\Rightarrow H(t)$

ΕΚΤΑΣΗ ΑΚΡΩΤΙΟΣΩΝ

• Μετάβαση: $\lambda \propto a$

• Ρυθμίστην: $z = \frac{\lambda_{\text{obs}} - \lambda_{\text{em}}}{\lambda_{\text{em}}}$

• Ρυθμίστην: $1 + z = \frac{\lambda_r}{\lambda_e} = \frac{a(t_r)}{a(t_e)}$

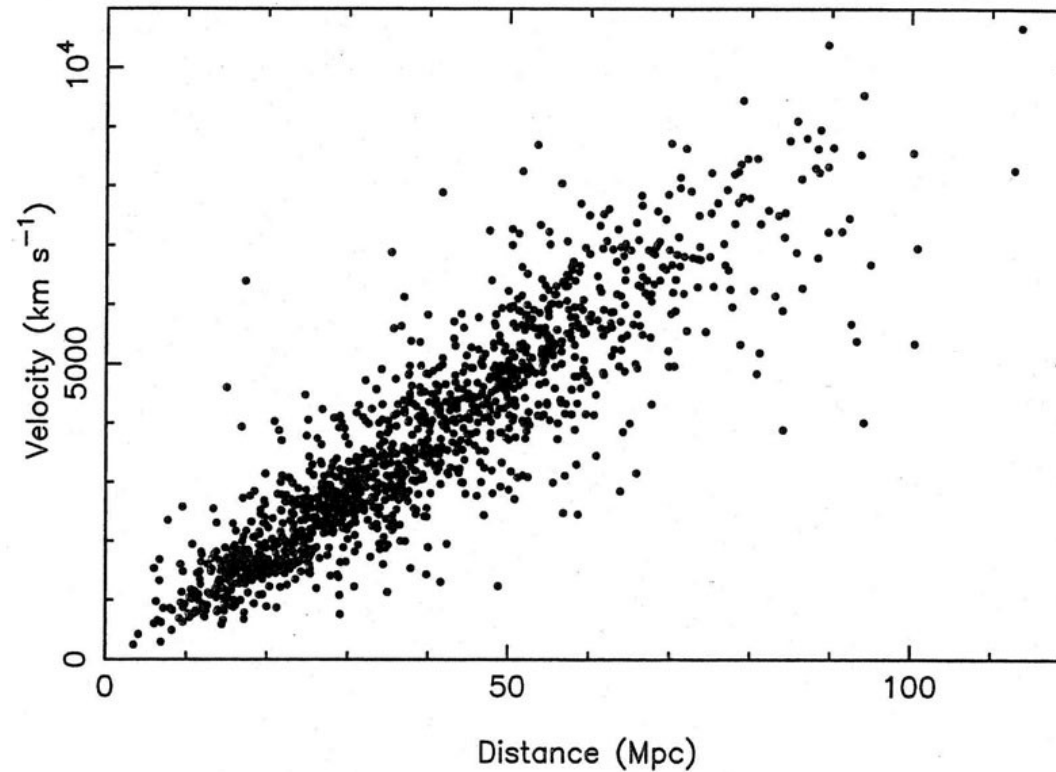


Figure 2.5 A plot of velocity versus estimated distance for a set of 1355 galaxies. A straight-line relation implies Hubble's law. The considerable scatter is due to observational uncertainties and random galaxy motions, but the best-fit line accurately gives Hubble's law. [The x -axis scale assumes a particular value of H_0 .]

SELOZENÍ VESMÍRU

- Pro řešení rovnic, je třeba popsat, co ve vesmíru je (stavová rovnice):
- Hmota: Nerelativistická hmota, žádný tlak, pouze gravitační interakce = PRACH
Při pohledu z dálky můžeme galaxie popsat jako prachová zrna
 $p=0$
- Záření: Relativistické částice (rychlost světla), vzniká tlak díky rychlém pohybu
 $p=\rho c^2/3$

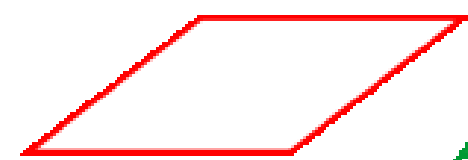
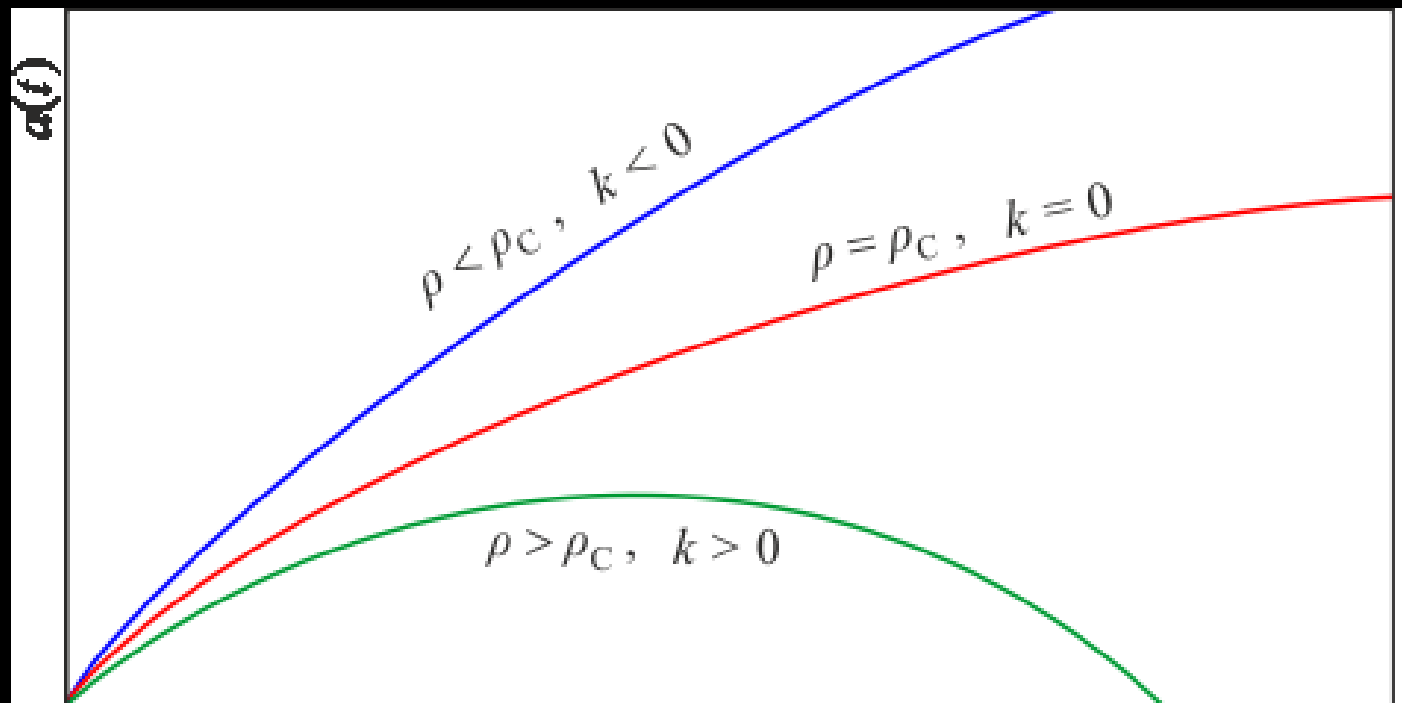
REŠENÍ FRIEDMANOVY ROVNICE

Hmota: $\rho \propto \frac{1}{a^3} \Rightarrow \rho(t) = \frac{\rho_0 t_0^2}{t^2}, \quad H = \frac{2}{3t}$

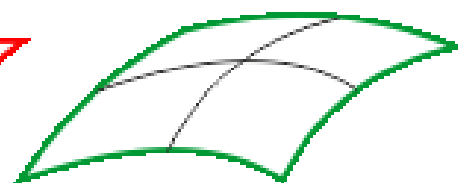
Záření: $\rho \propto \frac{1}{a^4} \Rightarrow \rho(t) = \frac{\rho_0 t_0^2}{t^2}, \quad H = \frac{1}{2t}$

Mix: Reálná situace, vždy můžeme předpokládat, že nějaká složka dominuje

RESÉNTI PRO ROZNA ZAKRIVĚNÍ



$\rho = \rho_c, k = 0$



$\rho > \rho_c, k > 0$



$\rho < \rho_c, k < 0$



GRAVITACENT VENT

- VIDEO

Jaká bude hodnota parametru H , v nekonečném čase pro hmotu a záření?

Odvodte hodnoty H pro hmotu a záření ze znalosti $a(t)$.