

# FIZICA MEDIULUI: O Incursiune Spațio-Temporală în Misterele Universului

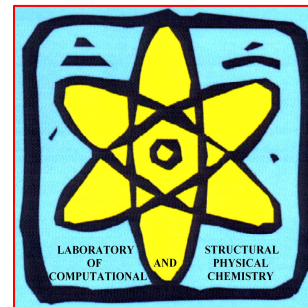
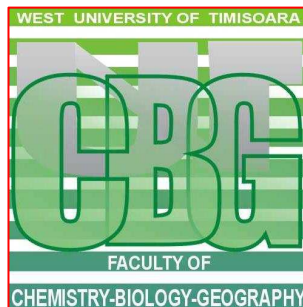
## UNIVERSUL: ÎNTRE EXPANSIUNE ȘI CUNOAȘTERE

**Conf. Dr. Mihai V. PUTZ**

*Chemistry Department, West University of Timisoara,  
Pestalozzi Street No.16, Timisoara, RO-300115, Romania;  
E-mails: [mvputz@cbg.uvt.ro](mailto:mvputz@cbg.uvt.ro) or [mv\\_putz@yahoo.com](mailto:mv_putz@yahoo.com) ;  
Web: <http://www.mvputz.iqstorm.ro>*

*Member of American Chemical Society  
Member of European Society of Mathematical Chemistry*

*Editor in-Chief of Int. J. Chem. Model. (at NOVA Publishers)  
Editor in-Chief of Int. J. Environ. Sci. (at SERIALS Publishers)  
Guest Editor & Editor of Int. J. Mol. Sci. (at MDPI Organization)*



## **Consecințe Cinematice ale Teoriei Relativității Speciale: Compunerea Vitezelor**

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad y' = y, \quad z' = z, \quad t' = \frac{t - \frac{v}{c^2}x}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

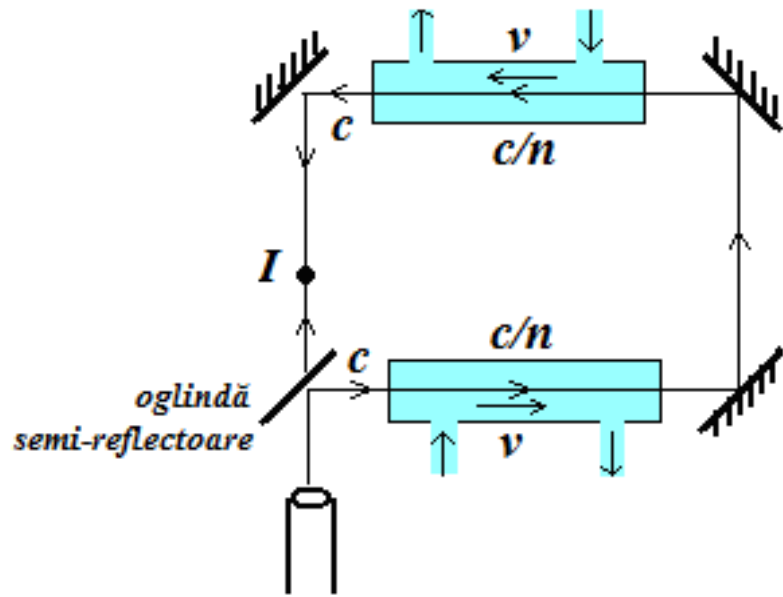
Einstein în 1905

$$u_x = \frac{dx}{dt} = \frac{dx' + v dt'}{dt' + v dx' / c^2} = \frac{\frac{dx'}{dt'} + v}{\frac{dt'}{dt'} + \frac{v}{c^2} \frac{dx'}{dt'}} = \frac{u'_x + v}{1 + \frac{v}{c^2} u'_x}$$

$$u_y = \frac{dy}{dt} = \frac{dy' \sqrt{1 - v^2 / c^2}}{dt' + v dx' / c^2} = \frac{\frac{dy'}{dt'} \sqrt{1 - v^2 / c^2}}{\frac{dt'}{dt'} + \frac{v}{c^2} \frac{dx'}{dt'}} = \frac{u'_y \sqrt{1 - v^2 / c^2}}{1 + \frac{v}{c^2} u'_x}$$

$$u_z = \frac{u'_z \sqrt{1 - v^2 / c^2}}{1 + \frac{v}{c^2} u'_x}$$

$$u'_x = c \Rightarrow u_x = \frac{c + v}{1 + \frac{v}{c^2} c} = c$$



experimentul Fizeau

$$\frac{c}{n} \pm v \left( 1 - \frac{1}{n^2} \right)$$

$$u_{x(LAB)}^{v=0} = u_x^{n=0} = \frac{c}{n}$$

$$u_x^{n \neq 0} = c/n \quad u_{x(LAB)}^{v \neq 0} = \frac{\frac{c}{n} + v}{1 + \frac{v}{c^2} \frac{c}{n}} = \frac{\frac{c}{n} + v}{1 + \frac{v}{cn}}$$

$$u_{x(LAB)}^{v \neq 0} - u_{x(LAB)}^{v=0} = u_{x(LAB)}^{v \neq 0} - \frac{c}{n}$$

$$= \frac{\frac{c}{n} + v}{1 + \frac{v}{cn}} - \frac{c}{n} = \frac{\frac{c}{n} + v - \frac{c}{n} \left( 1 + \frac{v}{cn} \right)}{1 + \frac{v}{cn}} = \frac{v \left( 1 - \frac{1}{n^2} \right)}{1 + \frac{v}{cn}} \cong v \left( 1 - \frac{1}{n^2} \right)$$

$$u_{x(LAB)}^{v \neq 0} \cong \frac{c}{n} + v \left( 1 - \frac{1}{n^2} \right)$$

Jakob Laub și lui Max von Laue în 1907

## Consecințe Cinematice ale Teoriei Relativității Speciale: Legea Hubble

$$t' = \frac{t - \frac{v}{c^2}x}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{t \left(1 - \frac{v}{c^2} \frac{x}{t}\right)}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{t \left(1 - \frac{v}{c^2} c\right)}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{t \left(1 - \frac{v}{c}\right)}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

în frecvențe  $\nu = 1/t$

$$\nu'_{\text{SURSA}} = \nu \frac{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}{\left(1 - \frac{v}{c}\right)} = \nu_{\text{OBS}} \sqrt{\frac{1 + v/c}{1 - v/c}}$$

la nivelul lungimilor de undă ( $\lambda = c/\nu$ )

$$\lambda_{\text{OBS}} = \lambda_{\text{SURSA}} \sqrt{\frac{1 + v/c}{1 - v/c}}$$

relația relativistă Doppler

linia verde( $n_1=2$ )-albastru( $n_2=4$ ) a atomului de hidrogen  
 s-a deplasat în spectru spre regiunea roșie la 700nm la observarea unei galaxii

legea de tranziție Bohr

$$h\nu = E_2 - E_1 = R_H \left( \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

$$h = 6.626068 \times 10^{-34} \text{ [m}^2 \text{ kg / s]}$$

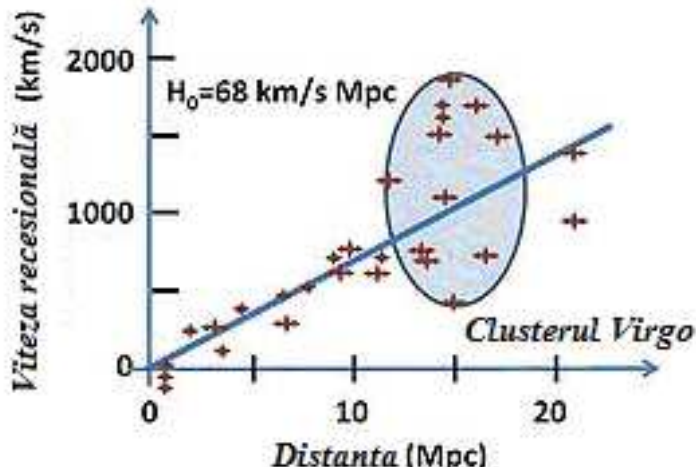
$R_H = 13.6 \text{ eV}$  - constanta lui Rydberg

$$\lambda_{\text{SURSA}} = \frac{c}{\nu_{\text{SURSA}}} = \frac{ch}{h\nu_{\text{SURSA}}} = \frac{ch}{13.6 \text{ eV} \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{4^2} \right)} = 486 \text{ nm}$$

$$\left( \frac{\lambda_{\text{OBS}}}{\lambda_{\text{SURSA}}} \right)^2 = \left( \frac{700}{486} \right)^2 = 2.075 = \frac{1+v/c}{1-v/c}$$

$$v = -0.35c$$

*viteză recesională*



factorul de scală Robertson-Walker

$$a(t)$$

$$D_0 = D_t a(t)$$

$$a(t) \xrightarrow{\partial_t} -\partial_t a(t)$$

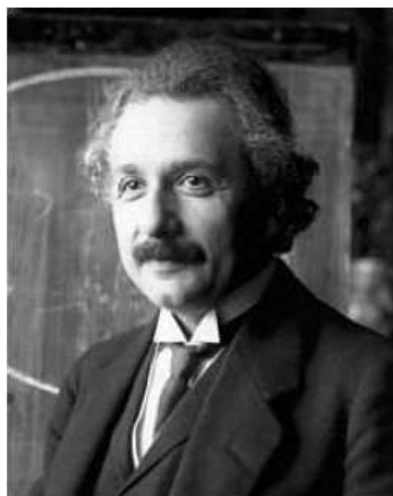
ecuația vitezei recesionale (*legea lui Hubble*)

$$v = \partial_t D_t = \partial_t \left( \frac{D_0}{a(t)} \right) = -D_0 \frac{[-\partial_t a(t)]}{[a(t)]^2} = \frac{D_0}{\underbrace{a(t)}_{D_t}} \frac{\partial_t a(t)}{a(t)} = \frac{\partial_t a(t)}{a(t)} D_t = H D_t$$

$$H(t) = \frac{\partial_t a(t)}{a(t)}$$

| Anul | Valoarea $H_0$ (km/s)/Mpc | Observatorul              |
|------|---------------------------|---------------------------|
| 2009 | $74.2 \pm 3.6$            | Hubble Space Telescope    |
| 2006 | $77 \pm 11.55$            | Chandra X-ray Observatory |
| 2001 | $72 \pm 8$                | Hubble Space Telescope    |

**1AU=149 598 871 km    1ly≈63 241 AU    1pc≈206 265 AU**



**Albert Einstein**

14 Martie 1879 Ulm, Regatul Württemberg – Imperiul German, - 18 Aprilie 1955 (la 76 ani) Princeton, New Jersey SUA; a avut contribuții în teoria relativității speciale, generale, mecanică cuantică, statistică, cosmologie; a fost asociat la Oficiul de Patente Elvețian din Berna, Universitatea din Zurich (alma mater), Universitatea Charles din Praga, ETH Zurich (alma mater), Academia de Științe Prusacă, Institutul Kaiser Wilhelm (Dahlem-Berlin), Universitatea din Leiden, Institutul de Studii Avansate (Princeton); Coordonatori academici: Alfred Kleiner (pentru doctorat) și Heinrich Friedrich Weber; Studenți deveniți celebri: Ernst G. Strauss, Nathan Rosen, Leo Szilard, Raziuddin Siddiqui; este faimos pentru echivalența masă-energie (energia Einstein), ecuația lui Einstein (în gravitație), statistica Bose-Einstein; premii importante: Premiul Nobel (1921), Medalia Copley (1925), Medalia Max Planck (1929), Declarat de revista Times – Personalitatea Secolului XX!

*A. Einstein*



**Edwin Powell Hubble**

20 Noiembrie 1889 Marshfield – Missouri SUA, - 28 Septembrie 1953 (la 63 ani) San Marino, California SUA; a avut contribuții în astronomie; a fost asociat la Universitatea din Chicago, Universitatea Oxford, și Observatorul Mount Wilson; a fost influențat științific de Allan Sandage; este faimos pentru ipoteza Big Bang, legea Hubble, deplasarea spre roșu a galaxiilor, și secvența Hubble; laureat al medaliei Bruce în 1938, și desemnat pentru Premiul Nobel în anul morții (1953).

## ***Consecințe Cinematice ale Teoriei Relativității Speciale: Universul, între Expansiune și Cunoaștere***

$$H_0 \sim 2.29 \times 10^{-18} \text{ s}^{-1}$$

vârsta actuală a Universului

$$t_{\text{Univers}} \cong \frac{1}{H_0} = 4.35 \times 10^{17} \text{ s} = 13.8 [\text{Miliarde Ani}]$$

Dacă se consideră constanta Hubble cu adevărat constantă

$$\frac{dD}{dt} = DH_0 \Rightarrow D = d_0 \exp(H_0 t)$$

$d_0$  dimensiunea Universului la un moment dat

*valabilitate pe intervale temporale nu foarte mari*

$$\underbrace{D_0 a(t_0)}_{\text{SURSA}} = \underbrace{D_t a(t)}_{\text{OBSERVATOR}}$$

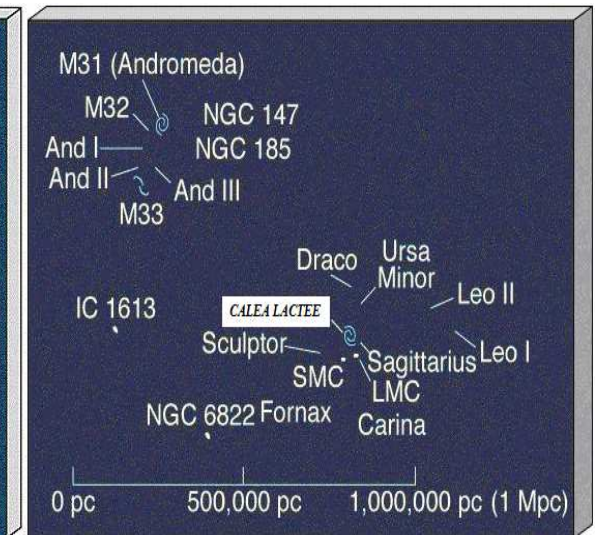
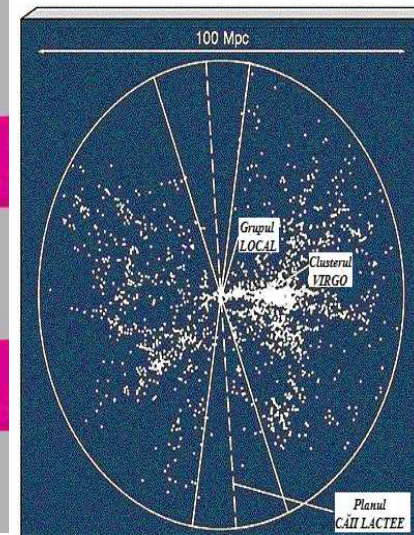
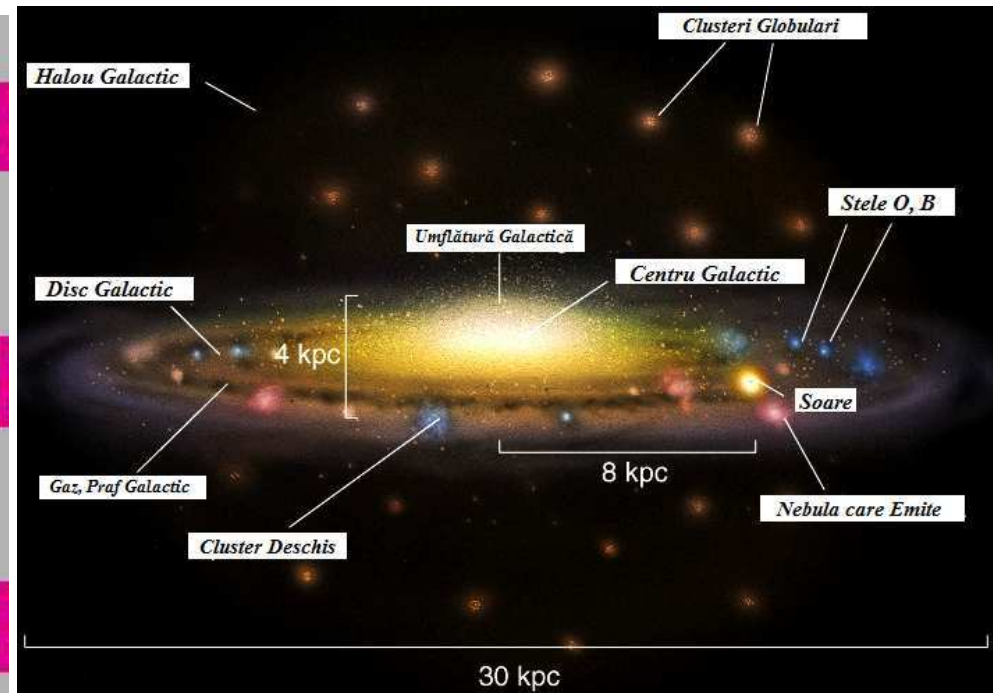
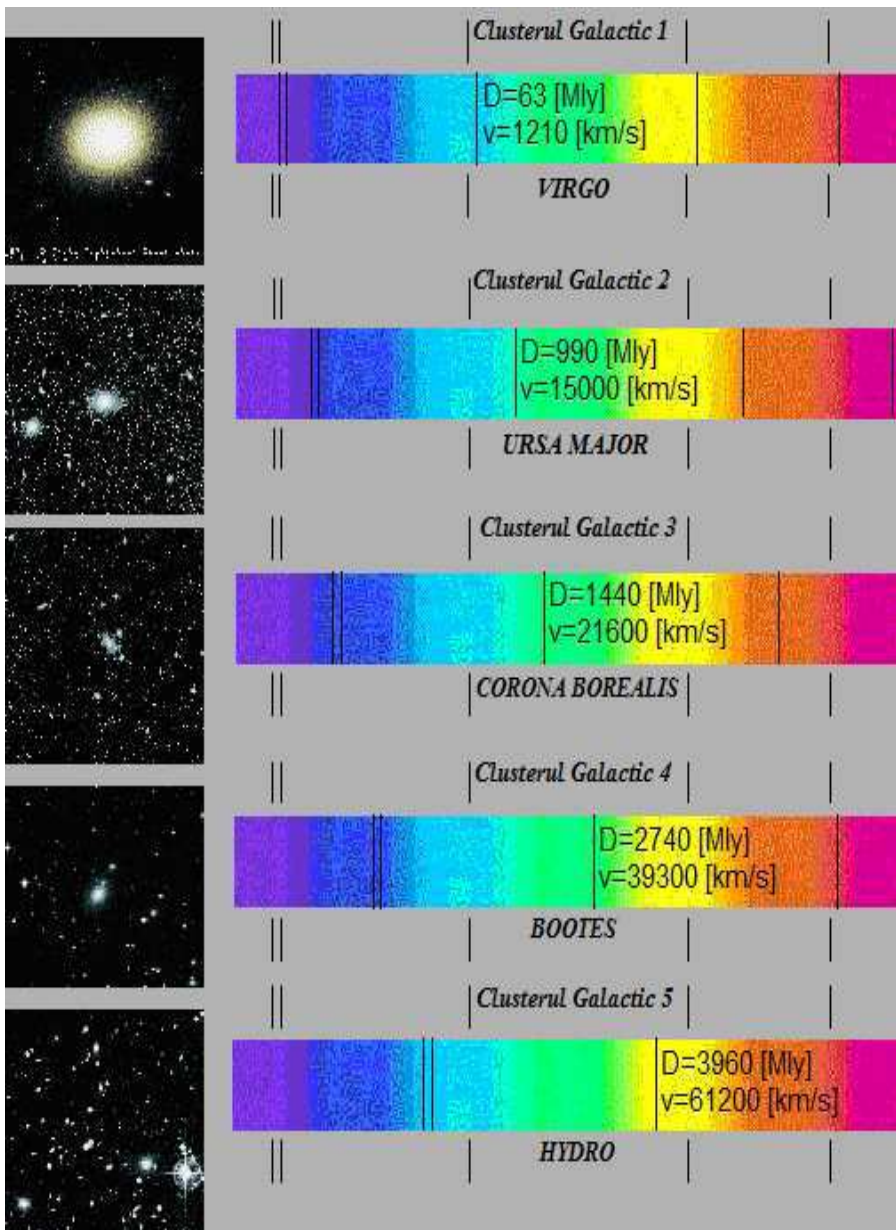


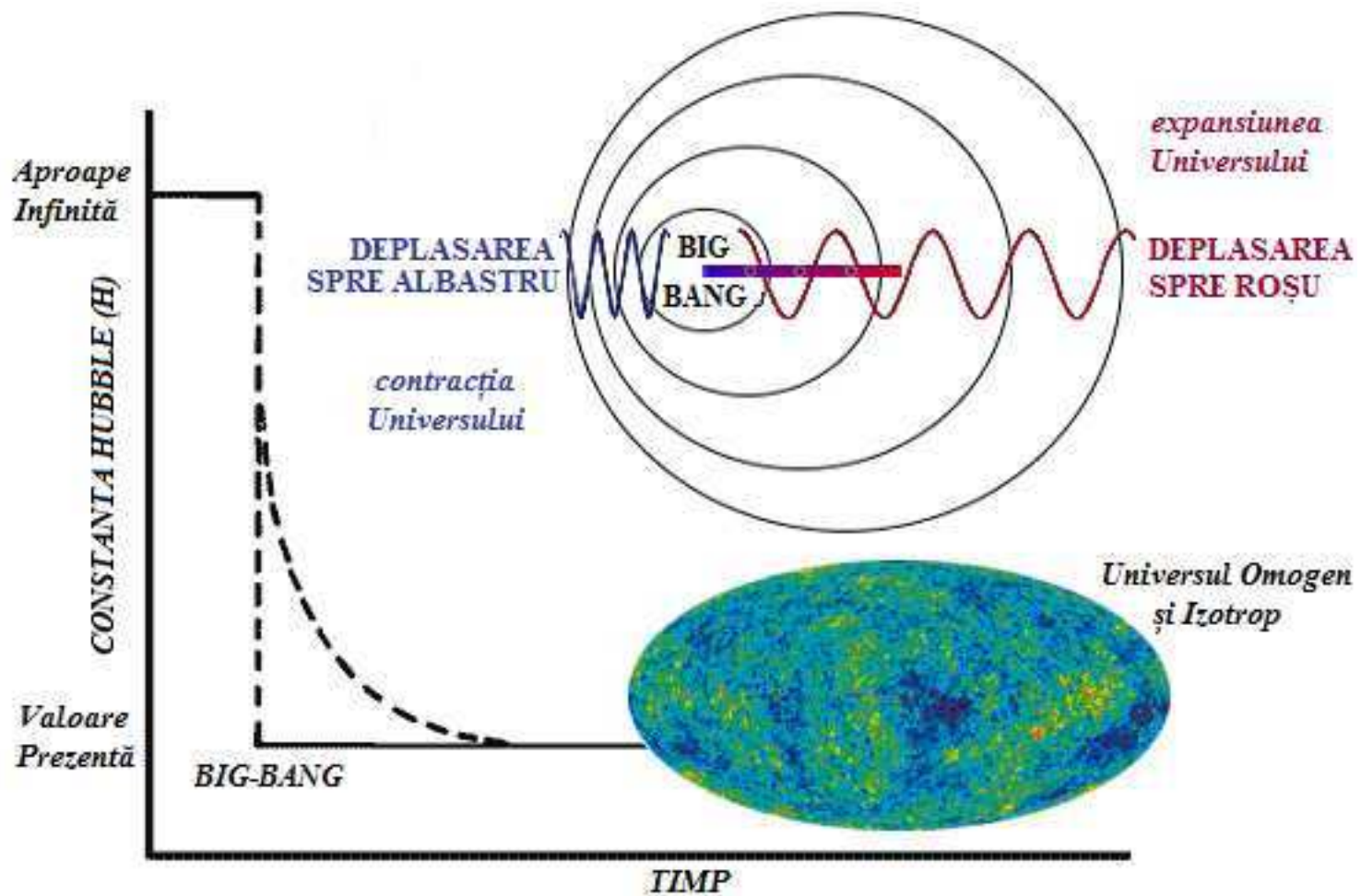
condiția de deplasare spre roșu se poate scrie succesiv

$$\begin{aligned}
 z &= \frac{D_t - D_0}{D_0} = \frac{a(t_0)}{a(t)} - 1 \cong \frac{a(t_0)}{a(t_0) + (t - t_0)[- \partial_t a(t)]_{t=t_0}} - 1 \\
 &= \frac{a(t_0)}{a(t_0) \left\{ 1 - \frac{[\partial_t a(t)]_{t=t_0}}{a(t_0)} (t - t_0) \right\}} - 1 = \frac{a(t_0)}{a(t_0) [1 - (t - t_0) H(t_0)]} - 1 \\
 &= \frac{1}{1 - (t - t_0) H(t_0)} - 1 = \frac{(t - t_0) H(t_0)}{1 - (t - t_0) H(t_0)} \cong (t - t_0) H(t_0) \cong \frac{D_t}{c} H(t_0)
 \end{aligned}$$

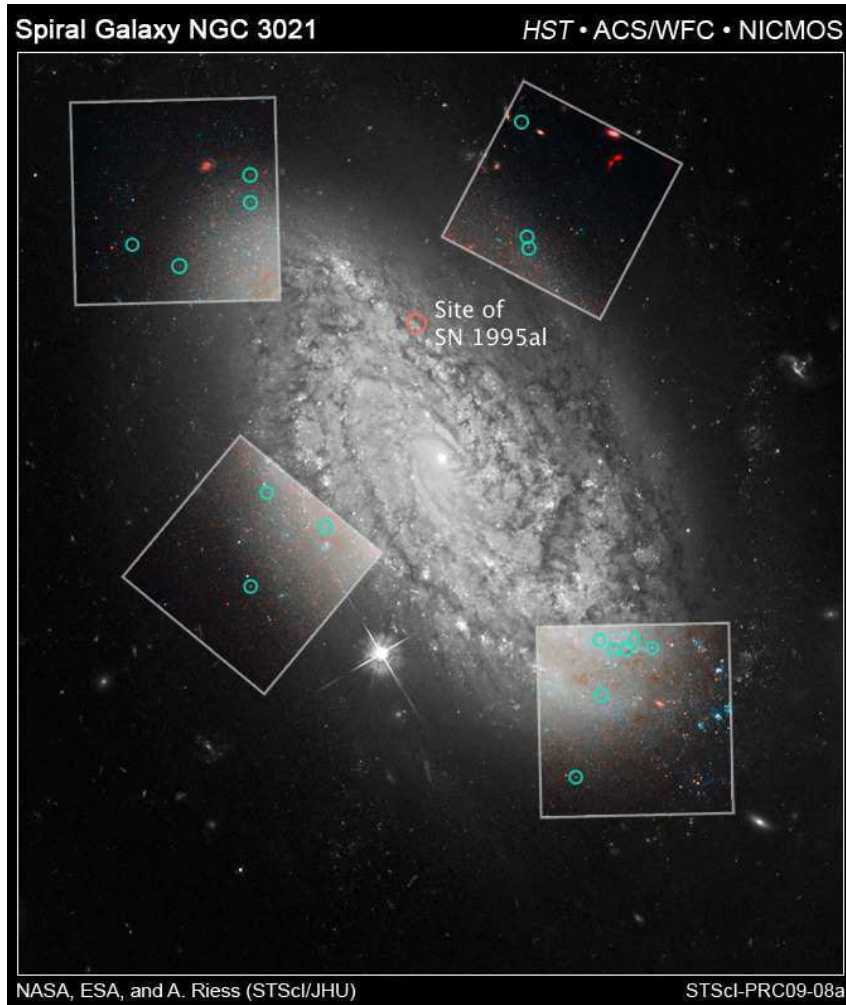
$$z \cong \frac{v}{c}$$

$$\begin{aligned}
 z &= \frac{\Delta \lambda}{\lambda_{\text{SURSA}}} = \frac{\lambda_{\text{OBS}} - \lambda_{\text{SURSA}}}{\lambda_{\text{SURSA}}} = \sqrt{\frac{1 + v/c}{1 - v/c}} - 1 = \frac{\sqrt{1 + v/c} - \sqrt{1 - v/c}}{\sqrt{1 - v/c}} \\
 &= \frac{2v/c}{\sqrt{1 - v/c} (\sqrt{1 + v/c} + \sqrt{1 - v/c})} = \frac{2v/c}{\sqrt{1 - v^2/c^2} + 1 - v/c} \cong \frac{2v/c}{1 - \frac{1}{2} \frac{v^2}{c^2} + 1 - v/c} \\
 &= \frac{v/c}{1 - \frac{1}{4} \frac{v^2}{c^2} - \frac{1}{2} \frac{v}{c}} \cong \frac{v}{c} \left( 1 + \frac{1}{4} \frac{v^2}{c^2} + \frac{1}{2} \frac{v}{c} \right) \cong \frac{v}{c}
 \end{aligned}$$





problema determinării distanțelor astrale  
astronomul american Henrietta Leavit în 1912  
*Stele cefeide*



*relația P-L*

$$\frac{L}{L_S} = 297.03 \cdot P_0^{1.092}$$

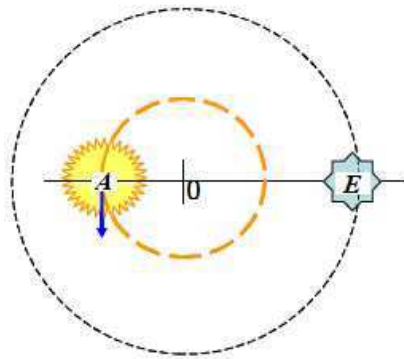
$$L_S = 3.85 \times 10^{26} W$$

Se măsoară fluxul de energie  $F$  primit de la Cefeidă

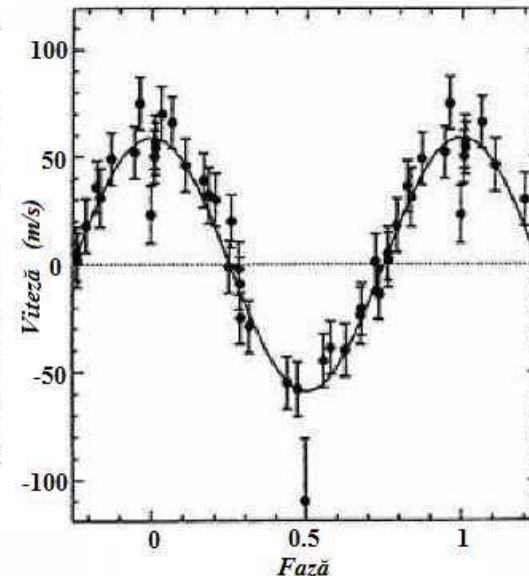
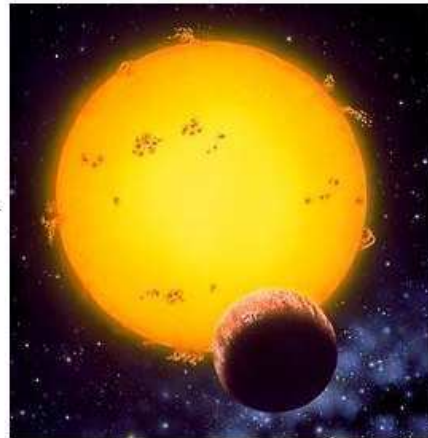
$$F = \frac{L}{4\pi D^2}$$

*un sistem binar (o așa numită exoplanetă)*

51-Pegas B Mayor și Queloz în 1995



A=Astru  
E=Exo-planetă  
O=Baricentru



$$\frac{T^2}{AE^3} = \frac{4\pi^2}{G(M_A + m_E)}$$

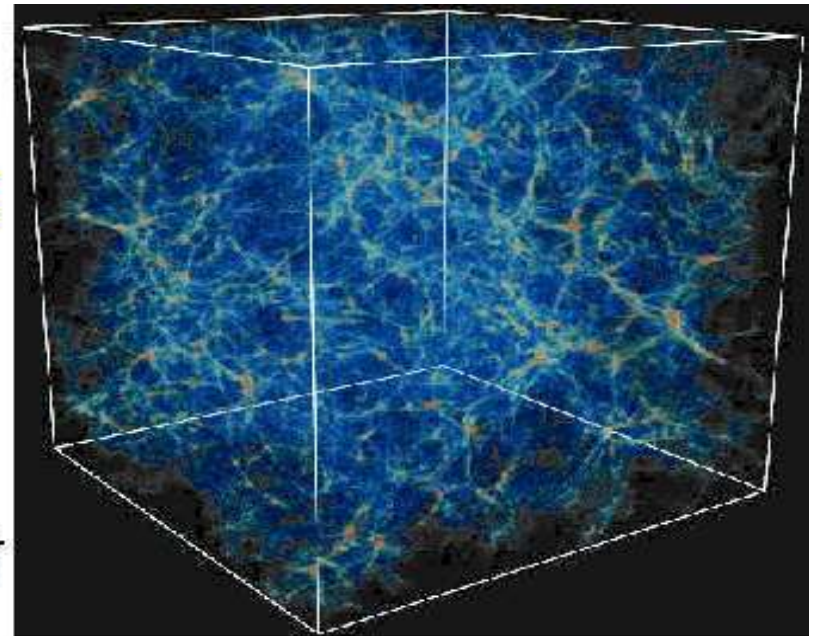
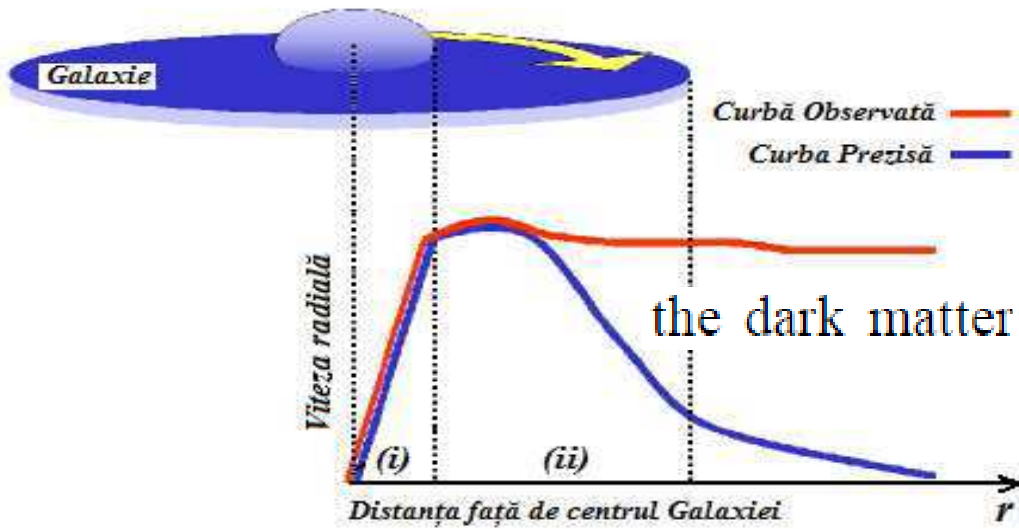
$$OA = \frac{m_E}{M_A + m_E} AE \quad v_A = \frac{2\pi OA}{T} \quad v_{A-Hubble} = v_A \sin i \quad 2\pi G m_E^3 = v_{A-Hubble}^3 T (m_E + M_A)^2$$

$$m_E \ll M_A \quad m_E = K v_{A-Hubble} T^{1/3} M_A^{2/3}, \quad K = \frac{1}{(2\pi G)^{1/3}} \quad M_{51-Pegas} \cong M_{Soare} = 2.0 \cdot 10^{30} \text{ kg}$$

$$m_{51-Pegas-B} = 9.1 \cdot 10^{26} \text{ kg} \cong 0.45 m_{Jupiter} !$$

$$v_{51-Pegas-Hubble} = 60 \text{ m/s}$$

$$T_{51-Pegas} = 4.2 \text{ zile}$$



“energia neagră” dintre galaxii  
corespunzând la cca 73%

$$v = \begin{cases} \omega_G \cdot r \dots\dots\dots (i) \\ \sqrt{\frac{GM_G}{r}} \dots\dots\dots (ii) \end{cases}$$

$$G \frac{mM_G}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$$

$$M_{Galaxie} = \frac{Dv_{Hubble}^2}{G} = \frac{H_0^2}{G} D^3$$

the dark matter” – în quantum de cca. 23%

doar 4%! din Univers