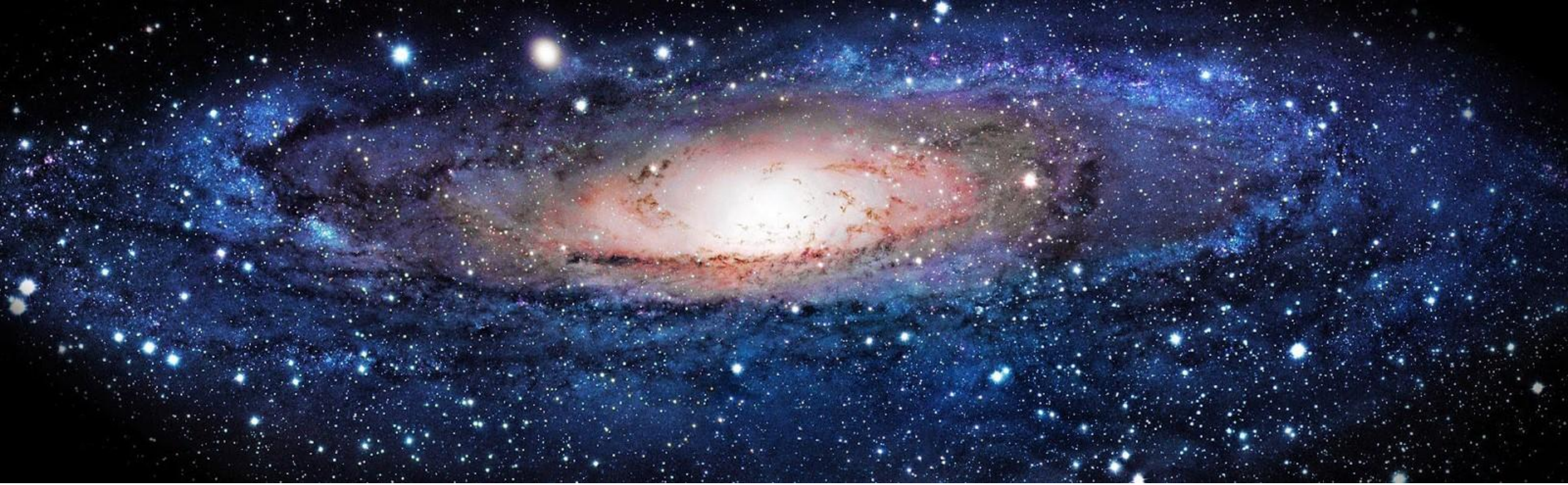
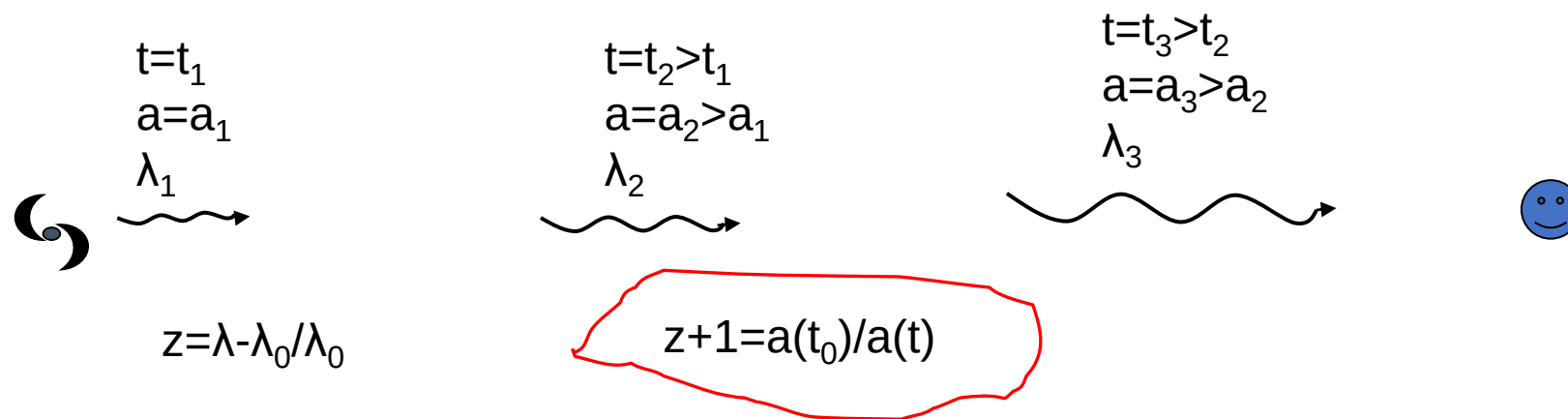




Майнор. Астрофизика.

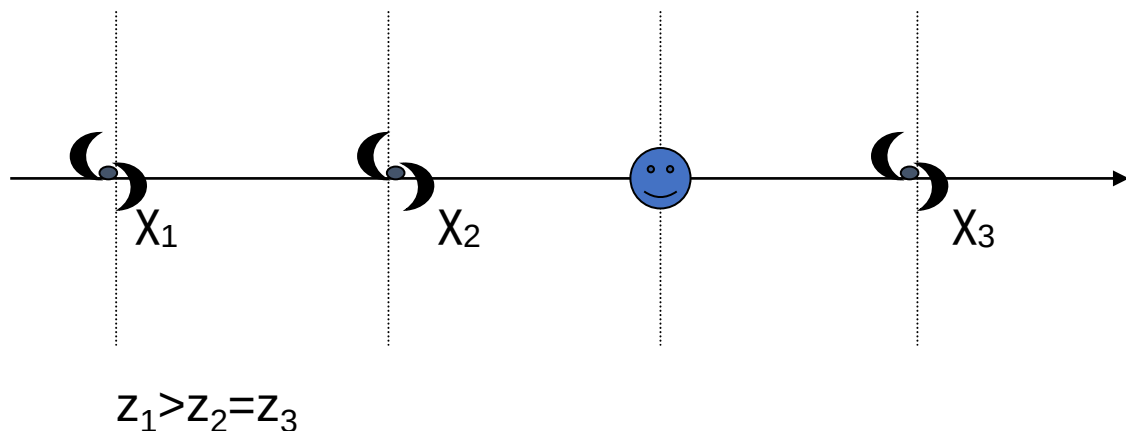
Семинар 13. (09.12)

Красное смещение



Это нельзя объяснить только эффектом Доплера!

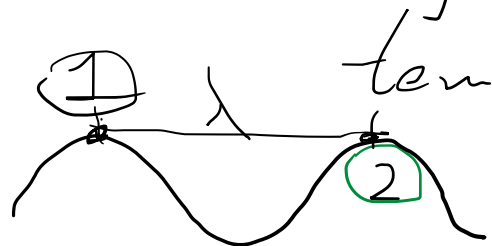
Это нельзя объяснить только гравитационным красным смещением!



z — как χ :
 растет для более далеких,
 потому что наша вселенная
 всегда расширялась

$$ds^2 = c^2 dt^2 - a^2(t) dx^2$$

$$ds^2 = 0 \quad \int_{t_{obs}}^{t_{em}} \frac{cdt}{a(t)} = \chi_{em}$$



$$\int_{t_{em} + \Delta t_{em}}^{t_{obs} + \Delta t_{obs}} \frac{cdt}{a(t)} = \int_{\chi_{em}}^{\chi=0} dy = \chi_{em}$$

$$\frac{\Delta t_{em}}{\Delta t_{obs}} = \frac{a(t_{em})}{a(t_{obs})}$$

recall

$$\textcircled{1} \quad \begin{array}{l} t = t_{em} \\ \int_{\chi_{em}}^{\chi=0} \\ t = t_{em} + \Delta t_{em} \end{array}$$

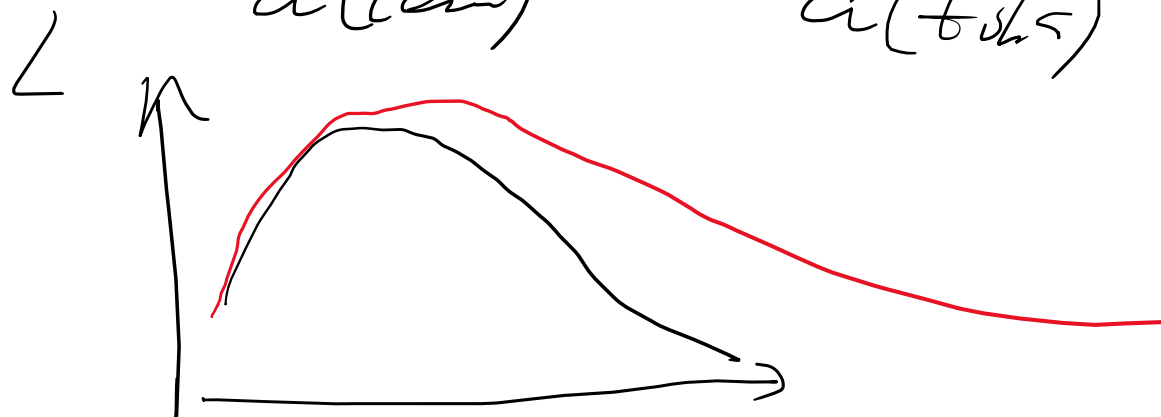
$$\textcircled{2} \quad \int_{\chi_{em}}^{\chi=0}$$

$$\begin{array}{c} t_{obs} \\ \rightarrow 0 \\ -\chi \\ \chi = 0 \end{array}$$

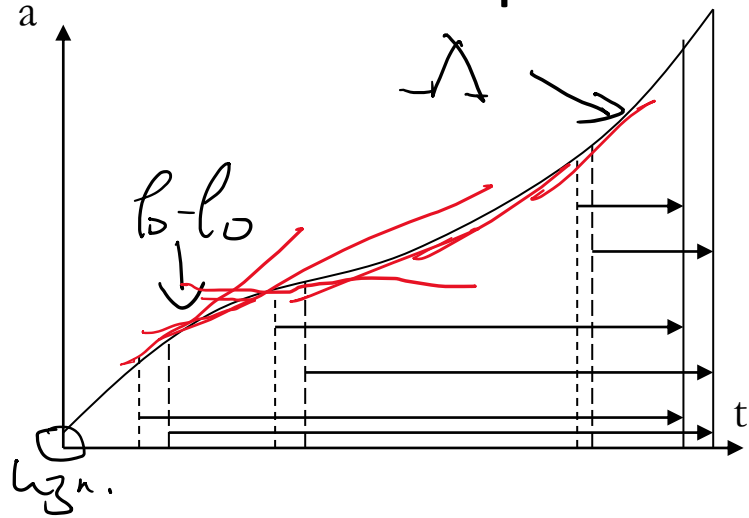
$$\rightarrow \int_{t_{obs} + \Delta t_{obs}}^{t_{obs}}$$

$$\Delta t_{em} \neq \Delta t_{obs}$$

$$\frac{c \Delta t_{em}}{a(t_{em})} - \frac{c \Delta t_{obs}}{a(t_{obs})} = 0$$



Как меняется красное смещение?

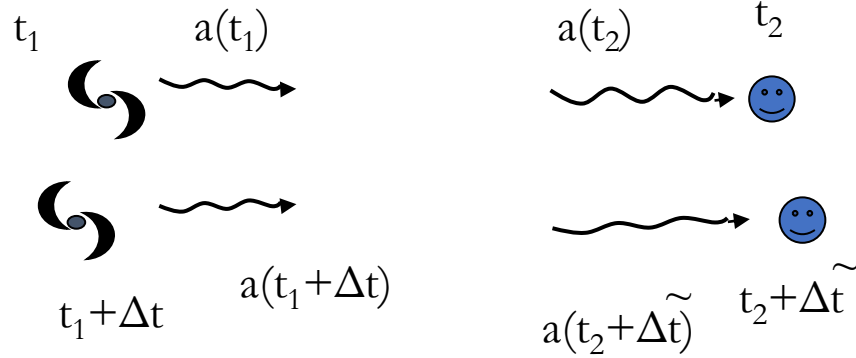


$$z+1=a(t_2)/a(t_1)$$

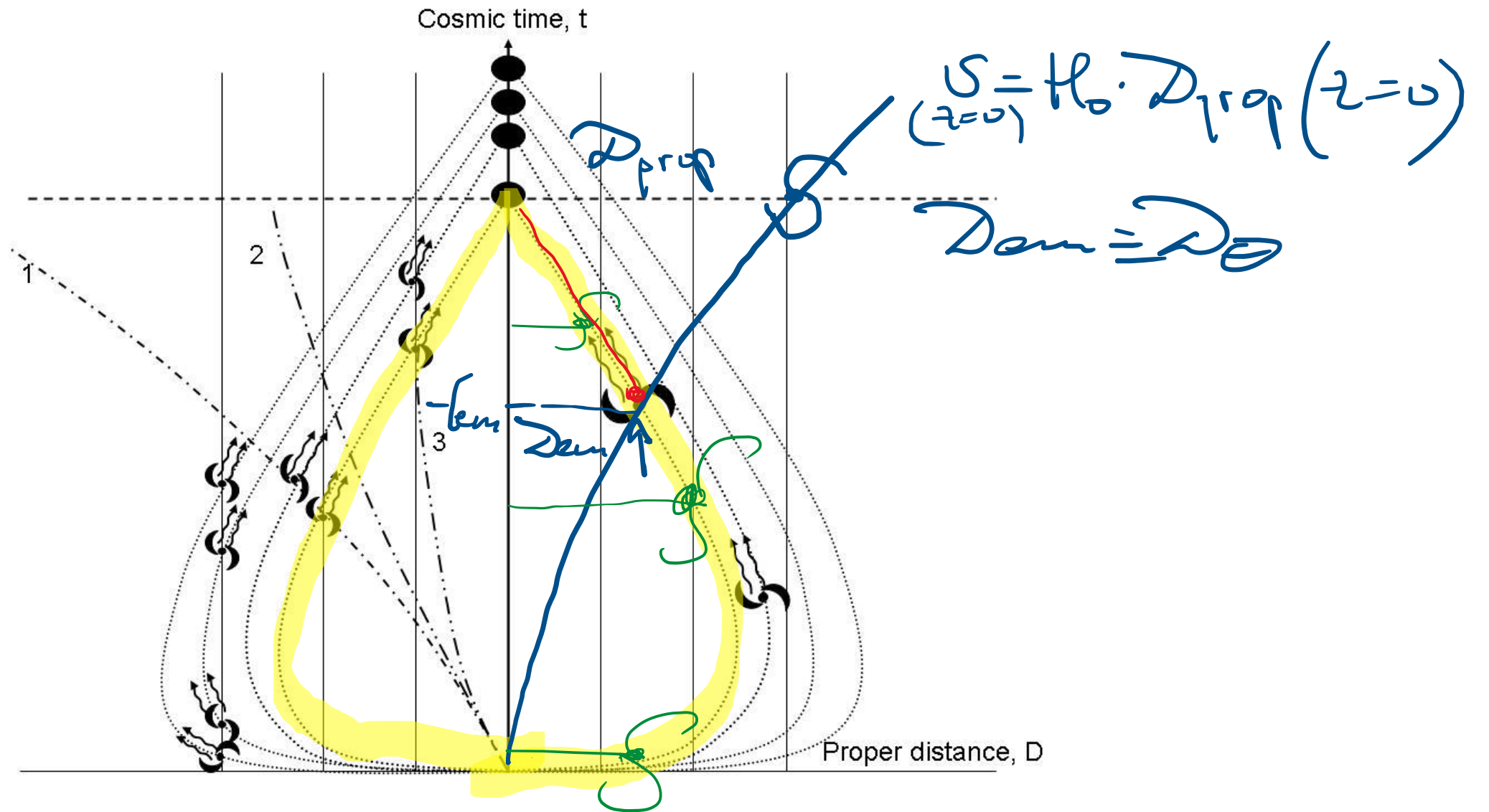
$$\Delta z= a(t_2+\Delta \tilde{t})/a(t_1+\Delta t) - a(t_2)/a(t_1)$$

Вселенная все время расширяется,
но иногда это происходит быстрее,
иногда — медленнее.

Изменение красного смещения показывает,
как изменилась динамика расширения
вселенной с момента излучения к настоящему.



$$\frac{dz}{dt} = H_0[1 + z - (1 + z)^\alpha].$$



$$v_{\text{now}} = \frac{c}{1-\alpha} [(1+z)^{1-\alpha} - 1],$$

$$v_{\text{em}} = \frac{c}{1-\alpha} [1 - (1+z)^{\alpha-1}].$$

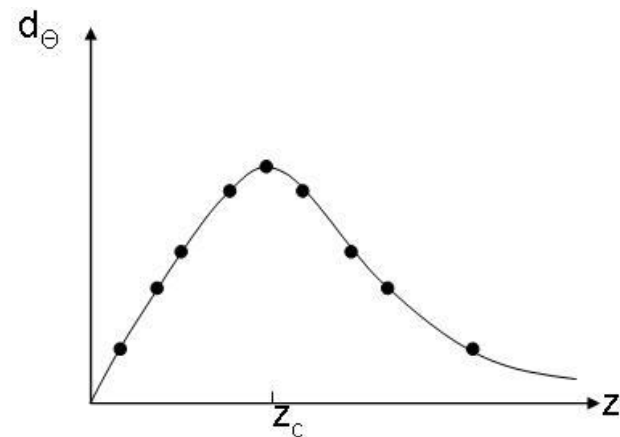
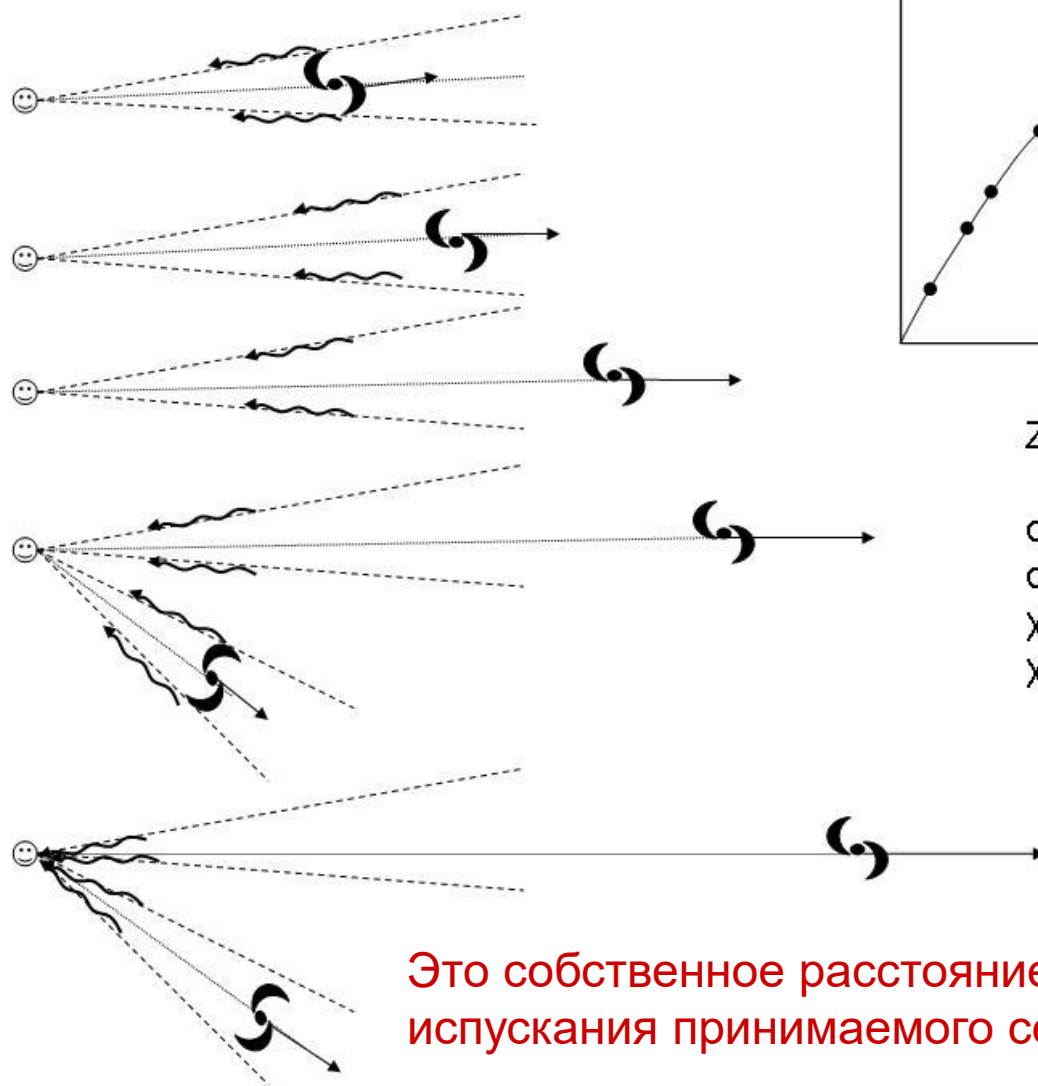
Угловое расстояние

Размер s



α

$d = s / \tan \alpha$



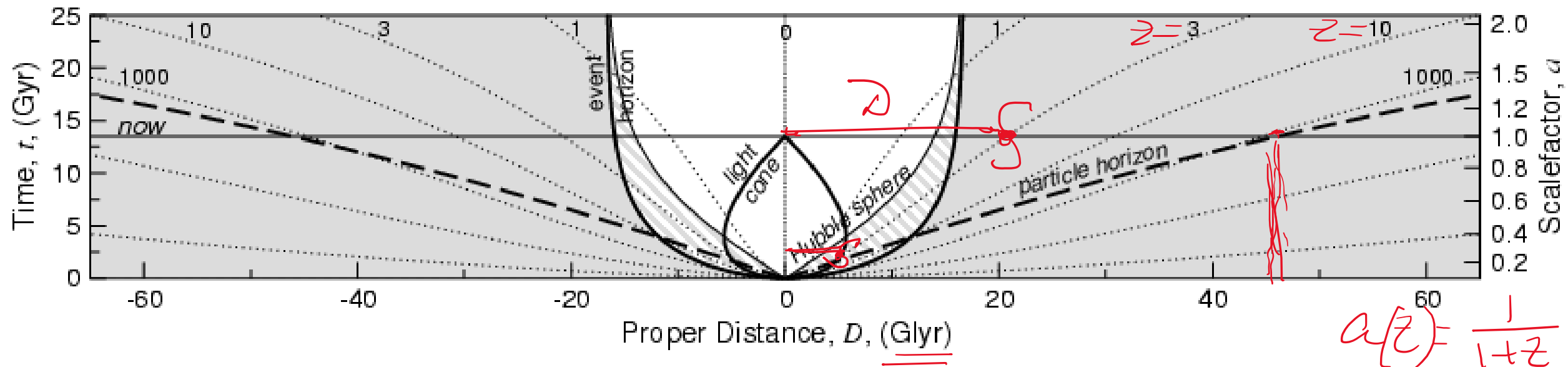
$z_c: v_{em} = c$

$$\begin{aligned} d_{\theta 1} &= d_{\theta 2} \\ d_{em1} &= d_{em2} \\ \chi_1 a(t_{em1}) &= \chi_2 a(t_{em2}) \\ \chi_1 > \chi_2, a(t_{em1}) &< a(t_{em2}) \end{aligned}$$

Это собственное расстояние на момент
испускания принимаемого сейчас излучения!

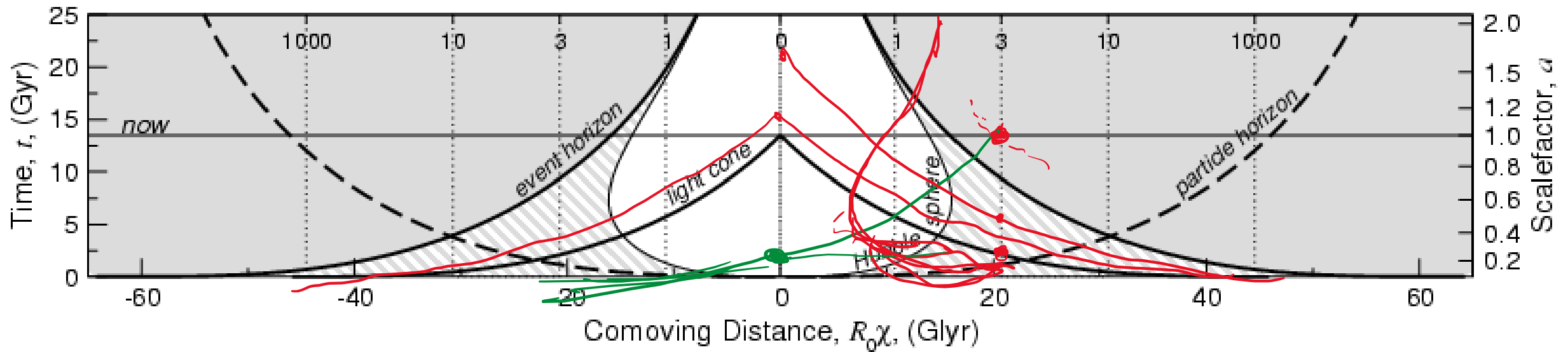
Горизонты и эволюция

Tamara Davis et al.
astro-ph/0310808



Рисунки соответствуют стандартной на сегодняшний день космологической модели.

Сопутствующее расстояние



Рисунки соответствуют стандартной на сегодняшний день космологической модели.

$\Omega = \rho_i / \rho_c$
 $\Omega = 1 =$
 $= \Omega_r + \Omega_m + \Omega_\Lambda$



$a = a_0 \cdot e^{Ht}$
 $a_0 = a(t=0)$
 $H = \text{const}$
 $a_1 = 0,5$

$\mathcal{D}_1 = a_1 \chi$

$z \rightarrow \lambda \rightarrow \nu \rightarrow E$

$$g_{m2} = \frac{V_1}{V_2} g_{m1} = \frac{1}{8} g_{m1}$$

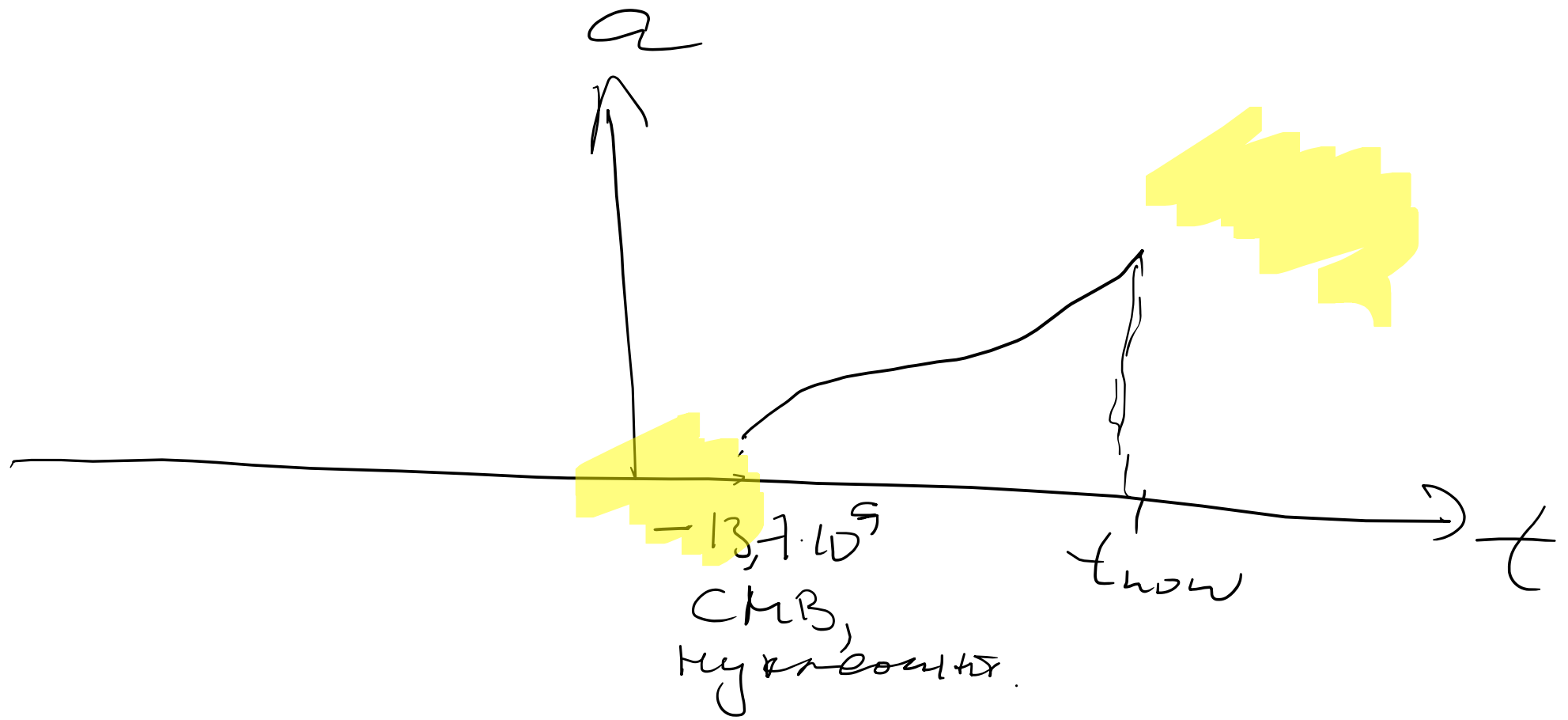
$$p_{r2} = \frac{1}{16} p_{r1}$$

$$a_2 = 1$$

$$\mathcal{D}_2 = a_2 \chi$$

$$V \sim \mathcal{D}_2^3$$

$$p_{r2} = \rho a_1$$



Exports & Imports



$$1. V_{\text{now}} = \frac{dD}{dt} \equiv D_0$$

$$2. V_{\text{em}} = \frac{dD_{\text{em}}}{dt_{\text{em}}}$$

$$3. V_{\text{app}} = \frac{dD_{\text{em}}}{dt} = \frac{V_{\text{em}}}{(1+z)}$$

$$V_{\text{now}} = \dot{a}_{\text{now}} /$$

$$V_{\text{em}} = \dot{a}_{\text{em}} /$$

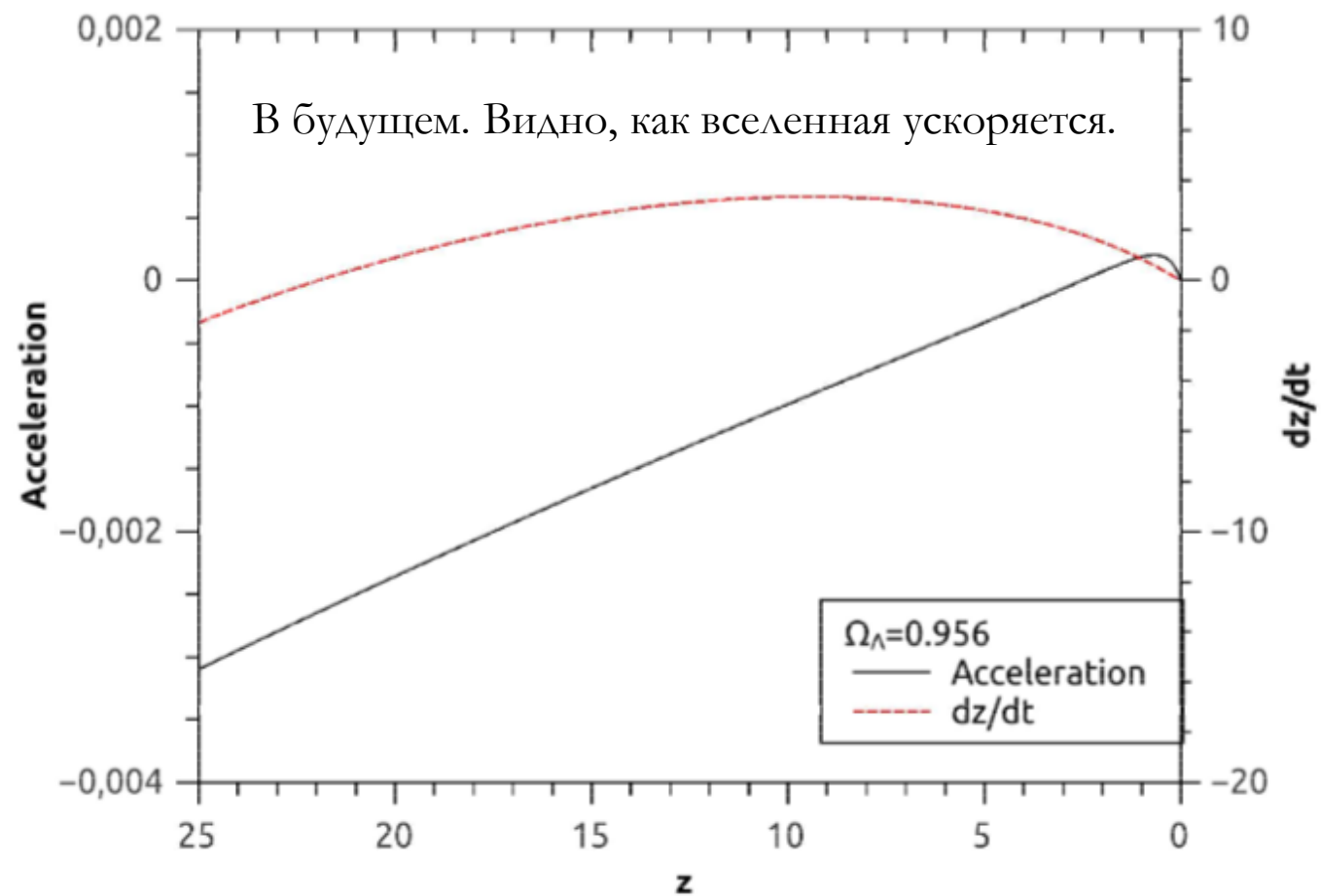
$$4. \quad v_e = \frac{dD_{\text{light}}}{dt}$$

$$dD_{\text{light}} = c [dt_{\text{obs}} - dt_{\text{em}}]$$

$$\frac{dD_{\text{light}}}{dt} = c \left[\underbrace{\frac{dt_{\text{obs}}}{dt}}_1 - \frac{dt_{\text{em}}}{dt} \right] = c \cdot z \cdot \frac{dt_{\text{em}}}{dt}$$

$$= c \frac{z}{1+z} < c$$

$$a_{\text{em}}/a_{\text{obs}} = \frac{1}{1+z}$$

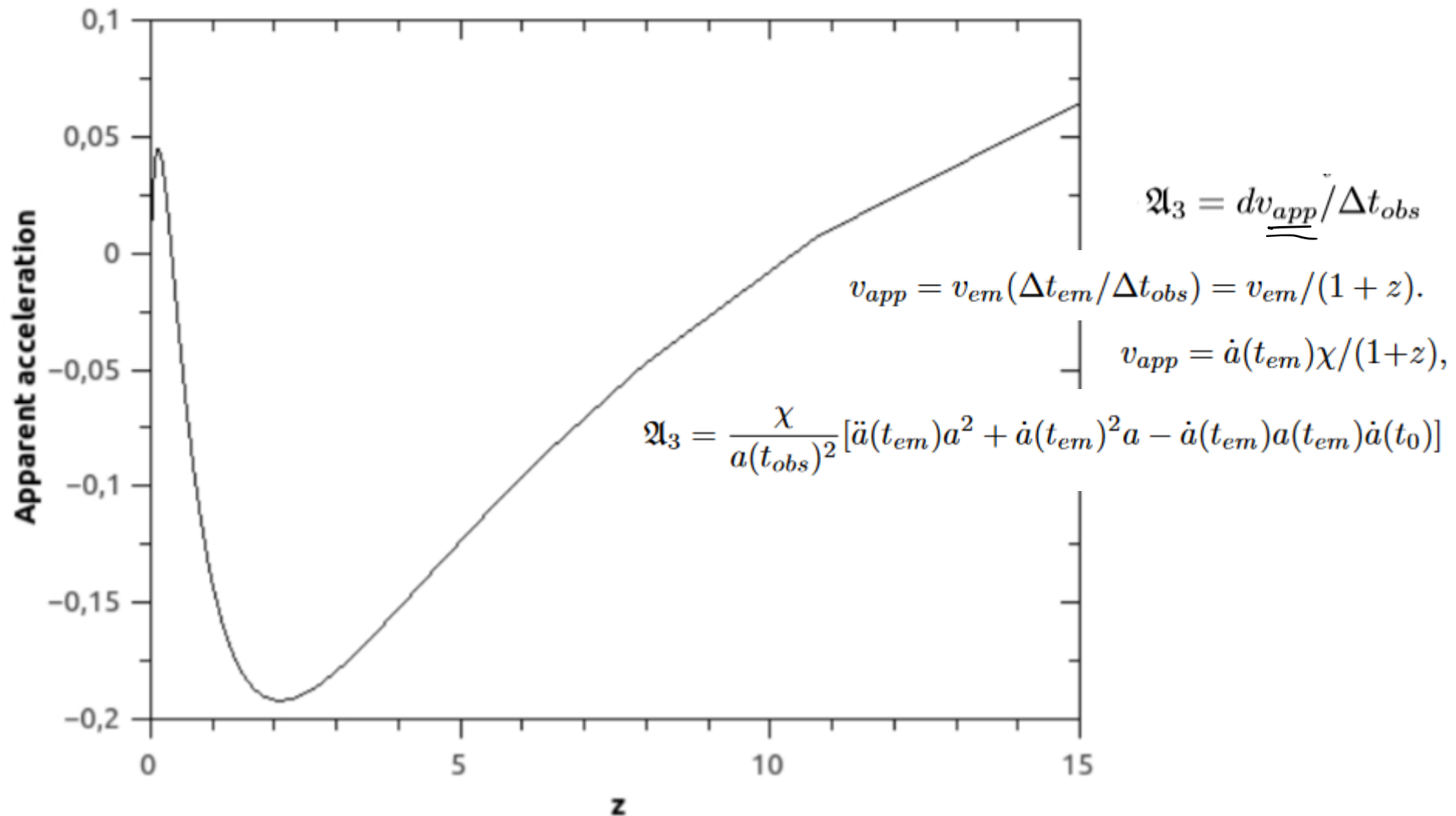


$$\mathfrak{A}_2 = dv_{em}/\Delta t_{obs},$$

$$\mathfrak{A}_2 = \ddot{a}(t_{em})\chi/(1+z).$$

$$\mathfrak{A}_2 = \frac{dv_{em}}{dz} \frac{dz}{dt},$$

Непосредственно измеряемое ускорение



Изменение видимой скорости по часам наблюдателя

Конформное время

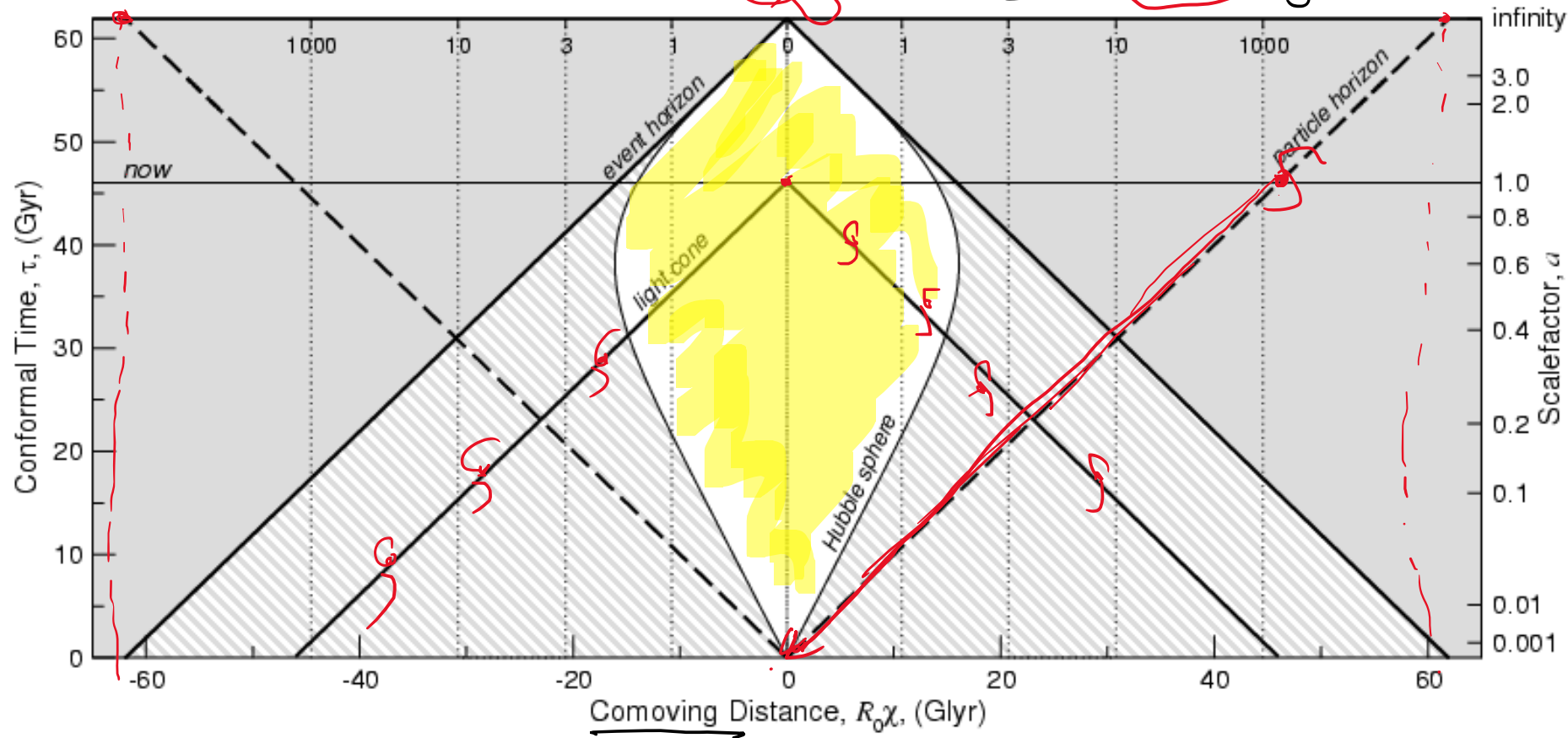
$$d\tau = dt/a(t) \leftarrow \infty \quad a \sim e^t$$

$$ds^2 = c^2 dt^2 - a^2 dx^2$$

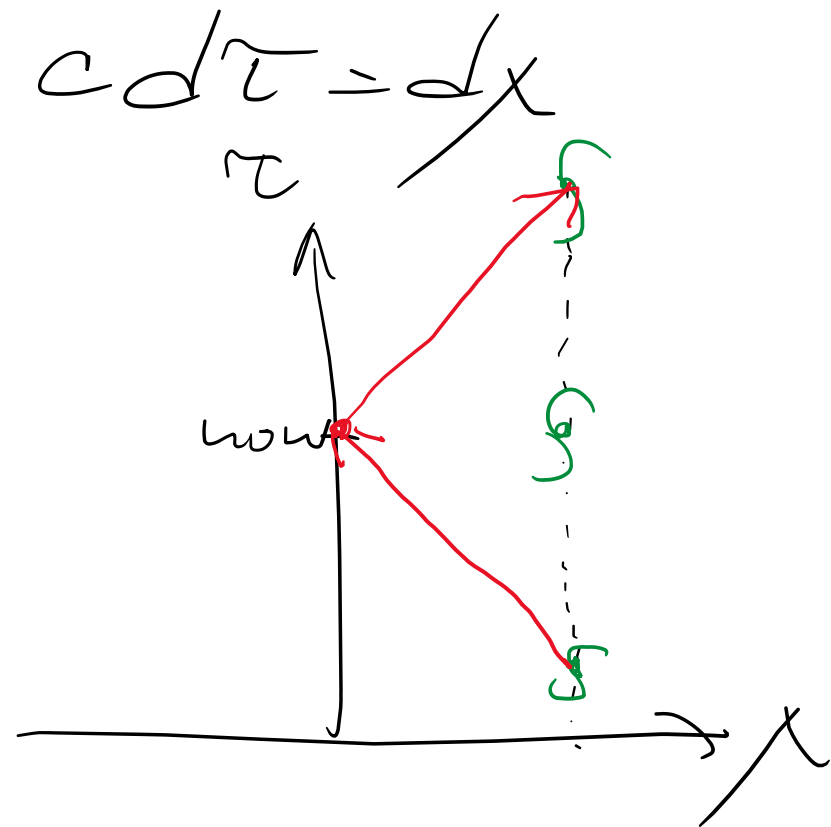
$$c^2 dt^2 = a^2 dx^2$$

$$c dt = a dx$$

$$dx = \left[c \frac{dt}{a} \right] = c d\tau$$



Рисунки соответствуют стандартной на сегодняшний день космологической модели.



$$\tau = \int \frac{dt}{a} = \int da \frac{da}{a} =$$

$$= \int \frac{da}{a} \left(\frac{da}{dt} \right)^{-1} = \int \frac{da}{a \dot{a}} =$$

$$= \int \frac{da}{a^2 H}$$

$$\frac{da}{dt} \equiv \dot{a}$$

$$H = \frac{\dot{a}}{a}$$

Hanna B. assumes. $a = a_0 \cdot e^{Ht}$; $H = \text{const}$

$$\frac{1}{H} \int_0^\infty \frac{da}{a^2} \rightarrow \text{konvergenz Bedingung}$$

