

קוסמולוגיה - הנצחה ביוניקודית של Robertson-Walker

הסדרון הקוסמולוגי - עם הנקודות הנכחדות אקוויבלינטיאליות, דהיינו, הקיום הוא אנונימלי ובלתי-מובחן.

המטריקה הבלתי-הבלתי-שקופה של רוברטסון-וואלקר היא המטריקה של רוברטסון-וואלקר

$$ds^2 = (cdt)^2 - dl^2 = (cdt)^2 - a^2(t) \left[\frac{dr^2}{1-Kr^2} + r^2 d\Omega^2 \right]$$

ה- [] מייצגת את המרחב המרחבי הנכחד. במידה והוא אנונימלי, כל המרחב נראה אותו הדבר. כל המרחב נראה אותו הדבר. כל המרחב נראה אותו הדבר. כל המרחב נראה אותו הדבר. כל המרחב נראה אותו הדבר.

$$dl^2 = a^2 (\sin^2 \theta d\varphi^2 + d\theta^2)$$

$$r = \sin \theta \rightarrow dr = \cos \theta d\theta \rightarrow (dr)^2 = \cos^2 \theta (d\theta)^2 = (1-r^2)(d\theta)^2$$


$$dl^2 = a^2 \left(\frac{dr^2}{1-r^2} + r^2 d\varphi^2 \right)$$

המרחב המרחבי הנכחד הוא אנונימלי, דהיינו, כל המרחב נראה אותו הדבר.


$$(dl)^2 = a^2 (dx^2 + \sin^2 x d\Omega^2) = a^2 \left(\frac{dr^2}{1-r^2} + r^2 d\Omega^2 \right)$$

המרחב המרחבי הנכחד הוא אנונימלי, דהיינו, כל המרחב נראה אותו הדבר.


$K = +1$	מרחב סגור	(a "הנצחה של")	$+1, 0, -1$	K מרחב
$K = 0$	מרחב פתוח			
$K = -1$	מרחב פתוח			



$K=1$



$K=0$



$K=-1$

synchronous gauge

$$ds^2 = (c dt)^2 - dl^2$$

הכאן אורך הזמן:

יתן פחות אורך כך רק בממד הזמן, אולם, יתן אורך
התפרט זה ds נובע, הוואקואום הסימטרית

Co-moving

אם ds^2 יתן בממד הזמן, ר-לום זה סימטרית

$$ds^2 = a(t)^2 \left[(c dt)^2 - \frac{dr^2}{(1-Kr^2)} + r^2 d\Omega^2 \right]$$

ds^2 נובע סימטרית, conformal time, τ (כל) אורך
conformal factor: זה סימטרית

הממד הזמן, אולם, הוואקואום הסימטרית, הוואקואום הסימטרית
הממד הזמן, אולם, הוואקואום הסימטרית, הוואקואום הסימטרית
"הוואקואום הסימטרית"

הוואקואום הסימטרית

proper distance - הוואקואום הסימטרית, הוואקואום הסימטרית
t (כל) אורך, הוואקואום הסימטרית, הוואקואום הסימטרית

$$d_{pr} = \int_0^r \frac{a dr'}{(1-Kr'^2)^{1/2}} = a f(r)$$

$$f(r) = \begin{cases} \sin^{-1}(r) & K=+1 \\ r & K=0 \\ \sinh^{-1}(r) & K=-1 \end{cases}$$

הוואקואום הסימטרית

$$d_{pr}(t=t_0) = a_0 f(r) = \frac{a_0}{a} d_{pr}(t) \quad \text{הוואקואום הסימטרית, הוואקואום הסימטרית}$$

it is just like co-moving distance \rightarrow d_{pr}

$$d_c \equiv d_{pr}(t=t_0) = a_0 f(r)$$

proper distance d_c at $t=t_0$ is d_{pr} at $t=t_0$ - d_{pr} is the proper distance

$f(r) = 1 - \dots$

proper distance d_{pr} - d_{pr}

$$\dot{r} = \frac{d(d_{pr})}{dt} = \dot{a} f(r) = \frac{\dot{a}}{a} d_{pr}$$

$$\left| H = \frac{\dot{a}}{a} \right| \quad \text{Hubble's law}$$

(Hubble's law) \rightarrow d_{pr} is the proper distance

Redshift - z

observed λ_o - emitted λ_e - $z = \frac{\lambda_o - \lambda_e}{\lambda_e}$

$$z \equiv \frac{\lambda_o - \lambda_e}{\lambda_e}$$

$ds^2 = 0$: null geodesic

$$\int_{t_e}^{t_o} \frac{cdt}{a} = \int_0^r \frac{dr}{(1-kr^2)^{1/2}} = f(r)$$

$t_e \rightarrow t_e + \delta t_e$ - $t_o \rightarrow t_o + \delta t_o$ - d_{pr} is the proper distance

$$\int_{t_o}^{t_e} \frac{cdt}{a} = f(r) = \int_{t_o + \delta t_o}^{t_e + \delta t_e} \frac{cdt}{a}$$

$$\frac{c}{a_0} \delta t_o = \frac{c}{a} \delta t_e$$

\rightarrow d_{pr}

$$\delta t_0 = 1/\lambda_0 \quad ; \quad \delta t_e = 1/\lambda_e \quad \text{פרק}$$

$$\frac{\lambda_0}{a_0} = \frac{\lambda_e}{a} \quad \text{הוא 1 - ב'א' ק'פ'}$$

$$\boxed{1+z} = \frac{\lambda_0}{\lambda_e} = \frac{a_0}{a} \quad \text{אם:}$$

the deceleration parameter

הוא (קבוע) שבו מתאר את המהירות של האצות או האטות של היקום. זה נקרא q_0 (אנטי-קבוע).
 זהו פרמטר המאפשר לנו להבין את המהירות של האצות או האטות של היקום.
 זהו פרמטר המאפשר לנו להבין את המהירות של האצות או האטות של היקום.

$$a(t) = a_0 \left[1 + H_0(t-t_0) - \frac{1}{2} q_0 H_0^2 (t-t_0)^2 + O(t-t_0)^3 \right]$$

$$q_0 = - \frac{\ddot{a}(t_0) a(t_0)}{\dot{a}(t_0)^2} \quad \text{הוא:}$$

deceleration ←

deceleration parameter, q_0 (קבוע)

$$1-z = \frac{a_0}{a} = \frac{1}{1 + \alpha \delta t + \beta \delta t^2} = 1 - \alpha \delta t + \alpha^2 (\delta t)^2 - \frac{\alpha^3 (\delta t)^3}{6} + O(\delta t)^3$$

$\alpha = H_0, \beta = -\frac{1}{2} q_0 H_0^2, \delta t = t - t_0$

$$1-z = 1 - H_0(t-t_0) + \left(1 + \frac{q_0}{2}\right) H_0^2 (t-t_0)^2$$

$\delta t = z/b$: ק'פ' δt : $z = b \delta t + c (\delta t)^2$: מהירות האצות או האטות?

$$z = \frac{z}{b} \cdot b + \epsilon b + c \left(\frac{z^2}{b^2} + \frac{2\epsilon z}{b} + \epsilon^2 \right)$$

$$\epsilon = -c \frac{z^2}{b^3} \quad \text{אם:}$$

$$(t_0, t) = \frac{1}{H_0} \left(z - \left(1 + \frac{q_0}{2}\right) z^2 + O(z^3) \right)$$

$$\int_t^{t_0} \frac{c dt}{a} = \int_0^r \frac{dr}{(1 - Kr^2)^{1/2}} = \begin{cases} \sin^{-1}(r) & K=+1 \\ r & 0 \\ \sinh^{-1}(r) & -1 \end{cases}$$

$$\frac{c}{a_0} \int_t^{t_0} [1 + H_0(t_0 - t) + (1 + \frac{q_0}{2}) H_0^2 (t_0 - t)^2 + \dots] = r + O(r^3)$$

$$r = \frac{c}{a_0} [(t_0 - t) + \frac{1}{2} H_0 (t_0 - t)^2 + \dots]$$

אם $\omega = 0$ ואז $\mu = 0$ וזה פשוט מרחק קומובינטיבי

$$r = \frac{c}{a_0 H_0} [z - \frac{1}{2} (1 + q_0) z^2 + O(z^3)]$$

Redshift \rightarrow proper distance \rightarrow comoving distance

proportion of the universe \rightarrow proper distance

distance \rightarrow proper distance

Luminosity distance \rightarrow comoving distance

כמות האנרגיה הנפלטת \rightarrow Luminosity \rightarrow proper distance \rightarrow comoving distance

$$d_L = \left(\frac{L}{4\pi F} \right)^{1/2}$$

$$d_L = a_0^2 \frac{r}{a}$$

$$F = \frac{L}{4\pi a_0^2 r^2} \cdot \left(\frac{a}{a_0} \right)^2$$

$a_0^2 r^2$ is the area of the sphere at r in the rest frame of the source.
 $\left(\frac{a}{a_0} \right)^2$ is the factor due to the expansion of the universe.

$$d_L = \frac{c}{H_0} \left[z + \frac{1}{2} (1 - q_0) z^2 + O(z^3) \right]$$

Angular diameter distance:

D_{pr}

proper diameter ... so size of object

$$D_{pr} = a r \Delta \theta$$

$$d_A = \frac{D_{pr}}{\Delta \theta} = a r = \frac{1}{H_0} \left(z - \frac{1}{2} (3 + q_0) z^2 \right)$$



Other distances: parallax distance: $d_p = a_0 \frac{r}{(1 - Kr^2)^{1/2}}$

& proper motion distance: $d_M = a_0 r$