제5회 137억년 우주 진화 "2강"

2013년 3월 31일

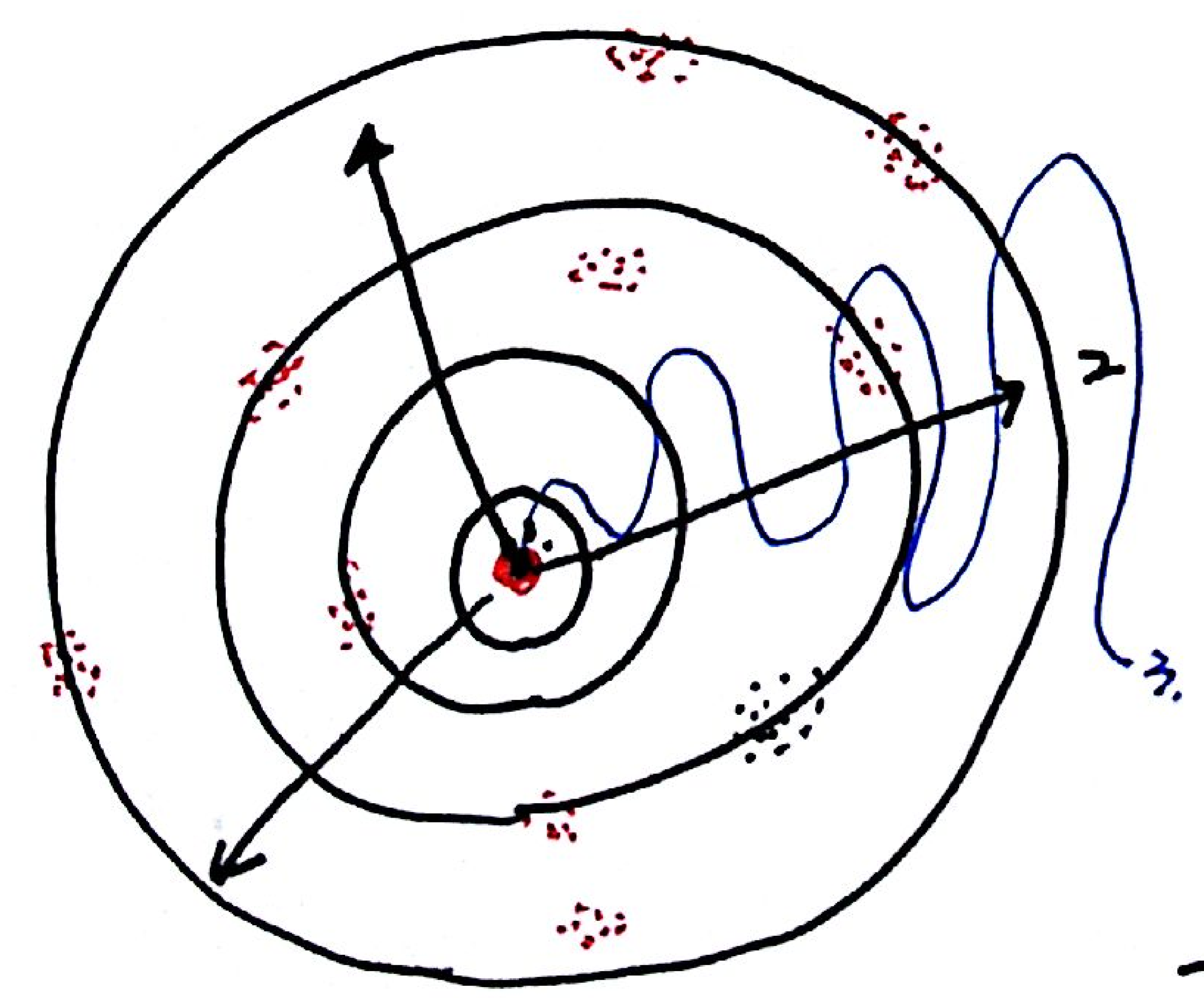
z

하와이의 마우나키나 (4,000m) 천문대가 14개 있다. 그곳의 사람은 무엇을 하는 사람인가.
엄청난 돈을 들여 무엇을 하는가? 그들이 이야기하는 것을 들어 보면 이렇다.
"z 값이 "10", "9"." 등의 이야기 한다. 몇 억 광년 떨어진 별을 발견한다.
'별'에 관해서 알 수 있는 것은 '광자', 빛 뿐이다.

칠레나 마우나키나의 천문대가 연구하는 것은 별이 아니라 '은하계'를 연구한다.
안드로메다 은하계에 있는 별이 2,000억개 정도 이다. 그 별의 무리를 찾는 것이
그 4,000 미터 이상의 천문대가 하는 일이다.

빛의 파장을 비교하는 것이 그들의 일이다. 빛의 파장은 10억광년 떨어진
곳에서 오는 것과 지구에 들어오는 값을 비교 한다. 그 값의 이름이 'z'이다
z 값은 1 ~ ∞ 까지 이다.
z 값은 우주가 얼마나 확장 되었는가를 재는 것이다.

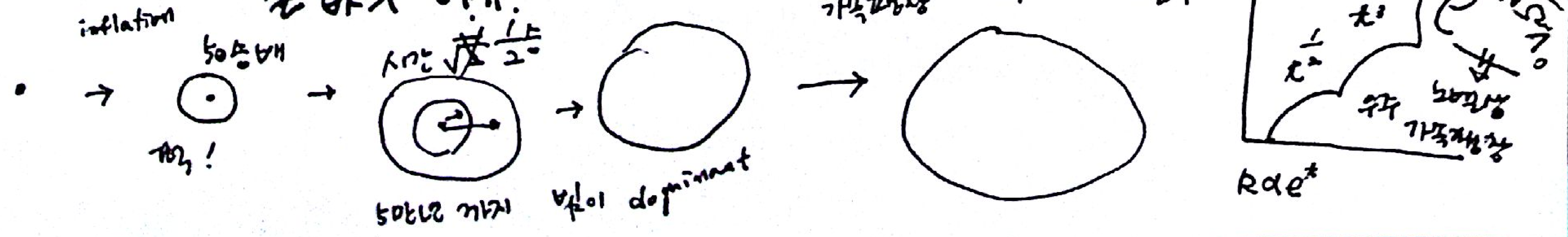
예를 들어 보자.



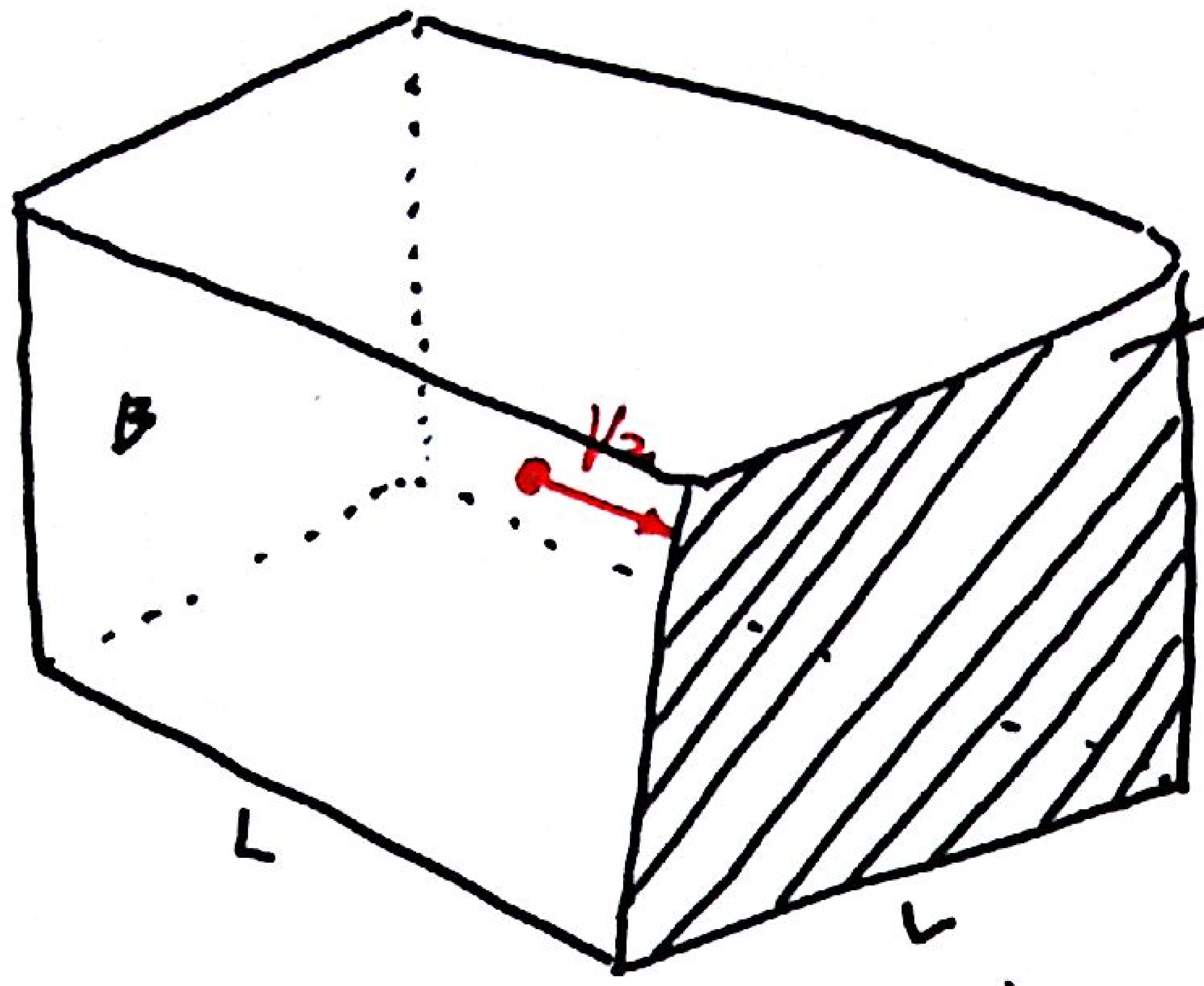
- 우주 확장 모식도 -

1. 하나의 지점에서 우주가 커져 갔다고 가설을 들어보자. 만약 1 → 2 로 선형으로 커졌다면 문제는 간단하다. 그러나 우주는 선형으로 확장된 것이 아니다.
개념상으로 1 → 3 으로 확장되었다면 이 값을 계산하기 어렵게 된다.
그래서 천문학에서는 빛의 파장 값인 'z' 값을 가지고만 이야기 한다.

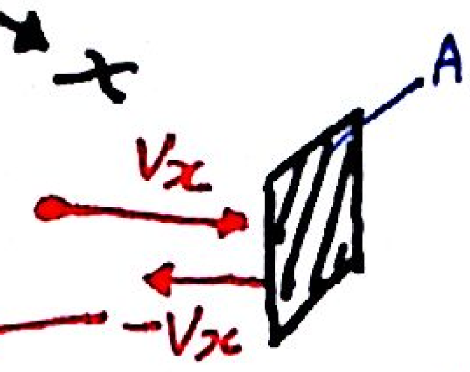
z값의 비유.



"하나의 공식은 과학자의 일생이 담겨 있다. 그들의 노력으로 우리는 형상문자를 통해 형상을 알 수 있다."



Ⓐ라는 면이 받는 압력을 계산한다.



A면에 부딪치고 다음 부딪쳐 튕김 값.

" 존경하는 마음으로 공식을 바라보라."

$$P = \frac{\vec{F}}{A}$$

$$\boxed{\vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt}}$$

$F = \frac{\Delta P}{\Delta t}$: 한 번 부딪치고 다음 부딪칠 때 까지 간격의 시간

(델타)

뉴턴

$$\Delta P = mV_x - (-mV_x) = 2mV_x$$

$$\Delta t = \frac{2L}{V_x} \qquad P = \frac{F}{A} = \frac{\left(\frac{mV_x^2}{L}\right)}{L^2} = \frac{mV_x^2}{L^3} = \frac{mV_x^2}{V}$$

$$P = mV_x^2 \qquad \overline{V^2} = \overline{V_x^2} + \overline{V_y^2} + \overline{V_z^2}$$

$$\overline{V_x^2} = \frac{1}{3}\overline{V^2}$$

$$PV = m\overline{V_x^2} = \frac{1}{3}m\overline{V^2}$$

거시적 법칙과 연결

$$\boxed{PV = \frac{1}{3}mN\overline{V^2}}$$

(압력)(부피)

PV = 일정 $\quad T$ = 일정

온도가 같을 때 에너지 값이 같다.

(보일법칙)

$$\vec{F} = \frac{d(mv)}{dt} = m\frac{dv}{dt} = m\vec{a}$$

뉴튼 법칙

우주 에너지를 eV로 바꿔야 개념화할 수 있다.

'개'이란?

T=일정 → PV=일정 → 분입자의 갯수 (6×10^{23}개)

몰수

$$\frac{PV}{T} = \text{일정} = nR$$

기체상수 (보편상수)

보일 - 샤를 법칙

P=일정

$\frac{V}{T}$=일정

샤를

$$nR \equiv K$$

볼쯔만 상수

$$\boxed{k = \frac{R}{N_A}}$$

우주를 연구할 때 가장 많이 나오는 상수

8.6×10^{-5}eV/K

6.023×10^{23} (아보가드로 상수)

$$PV = nRT$$

$$= nN_AkT$$

$$P = \frac{nN_A}{V}kT = \frac{N}{V}kT$$

$$P = \frac{1}{3}\frac{mN}{V}\overline{V^2}$$

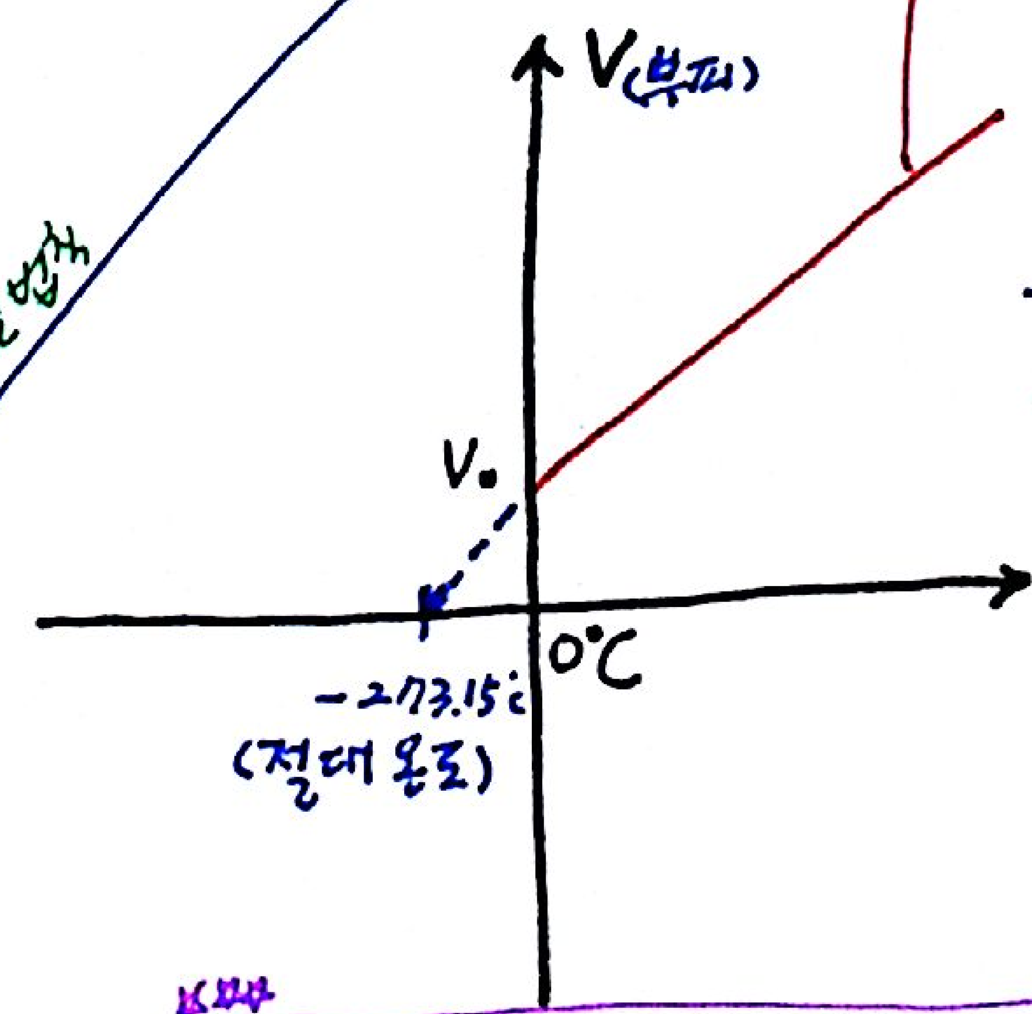
$$P = \frac{\overline{V^2}\,mN}{mV}kT = \frac{e}{m}kT$$

보일법칙

샤를

식 $V = \frac{V_0}{273.15}t + V_0$

$$= \left(\frac{t + 273.15}{273.15}\right)V_0$$



$$\frac{V}{273.15+t = T} = \frac{V_0}{273.15} = \text{일정}$$

(샤를르 법칙)

$$\frac{V}{T} = \frac{V_0}{273.15} = \text{일정}$$

절대온도 보다 더 낮은 온도는 없다.

1eV → 11605°C

1.5 ~ 3.5eV 가시광선, 자외선의 에너지가 1만도의 에너지이다.

방사선은 1,000,000eV 1억도 이상이다.

1억도의 온도에서 나오는 빛의 에너지는 DNA 가닥을 끊어버린다.

구석기 시대에는 피부를 통해 나이를 알았다. 그래서 진화심리학적으로 고운 피부를 선호한다.

$PV =$ 일정 $= nR = k$

$$k = \frac{R}{N_A}$$

$$PV = nRT$$
$$= nN_AkT$$

$$P = \frac{nN_A}{V}kT = \frac{N}{V}kT$$

$$P = \frac{1}{3}\frac{mN}{V}\overline{v^2}$$

⇒ ρ (로우)

$$P = \frac{mN}{mV}kT = \frac{\rho}{m}kT$$

$$= \frac{\rho}{m}kT = \frac{kT}{m}\rho = \frac{\frac{1}{3}mv^2}{\boxed{mc^2}}\rho c^2$$

$$P = \frac{\langle v^2\rangle}{3c^2}\rho c^2$$

↙ Static eq.
상태 방정식

$$\boxed{P = w\rho c^2}$$

☆☆☆☆☆

$$w = \frac{\langle v^2\rangle}{3c^2} \Rightarrow$$

(입자속도 / 광속.)

- RDU $w = \frac{1}{3}$ $P = \frac{1}{3}\rho c^2$
- MDU $w = 0$ $P = 0$
  입자 속도를 광속으로 나누면 0에 가깝다.
- ΛDU $w = -1$ $P = -\rho c^2$

$$\Delta Q^{=0} = \Delta U = \Delta W$$

$$\boxed{dE + PdV = Tds}$$

열역학 제 1 법칙.

$\Delta U \to dE$

$\Delta W = PdV$

$$dE + PdV = 0$$

아인슈타인

$$\boxed{E = mc^2} = \frac{4\pi}{3}a^3\rho$$

$$V = \frac{4\pi}{3}a^3$$

미분

$$4\pi a^2\dot{a}\rho + \frac{4\pi}{3}a^3\dot{\rho} + 4\pi a^2\dot{a}P = 0$$

$$\dot{a}\rho + \frac{a}{3}\dot{\rho} + \dot{a}P = 0$$

$$\dot{\rho} + 3\frac{\dot{a}}{a}\rho + \dot{a}P = 0$$

$$\text{RDU} \Rightarrow P = \frac{1}{3}\rho c^2$$

Radiation dominant univers

$\equiv H$ (허블 상수)

$$\dot{\rho} = -3\frac{\dot{a}}{a}\left(\rho + \frac{\frac{1}{3}\rho c^2}{c^2}\right)$$

(반지름)

$$\dot{\rho} = -4H\rho$$

$$\boxed{H^2 = \frac{8\pi G}{3}\rho_c}$$

$$\dot{\rho} = -4\rho = -4\sqrt{\frac{8\pi G}{3}}\rho^{\frac{1}{2}}\rho$$

(로우)

$$\rho^{-\frac{3}{2}}\dot{\rho} = -4\sqrt{\frac{8\pi G}{3}}$$

$$\int \rho^{-\frac{3}{2}}\frac{d\rho}{dt} = -4\sqrt{\frac{8\pi G}{3}}\int dt$$

(적분)

$$\frac{\rho^{-\frac{3}{2}+1}}{-\frac{3}{2}+1} = -4\sqrt{\frac{8\pi G}{3}}\,t$$

밀도를 시간으로

$$= -\sqrt{\frac{128\pi G}{3}}\,t$$

$$\rho^{-\frac{1}{2}} = \sqrt{\frac{32\pi G}{3}}\,t$$

언어 (
말 언어 100%
문자 언어 1%
형상 언어

- 언어의 3가지 - "박문호 박사"

스마트폰으로 문자를 보내는 것은 스마트폰으로 수다를 떠는 것과 같다.
소설가 시인이 쓰는 것이 문자 언어 이다.
10년 이상, 10,000만 페이지 이상 썼을 때 쓸 수 있는 언어 이다.

문자 언어 활동은 훈련을 통해 가능 하다. 형상언어는 0.1%에 불과하다.
아인슈타인 등의 훈련을 한 사람이다. 모든 현상을 형태로 바꾸는 언어이다.
수학은 형상 문자이다. 훈련을 해야 가능한 언어이다.
시는 느낌의 형상이다. 모든 방정식은 형상 언어이다.

시간과 압력을 알고 싶다. 밀도와 온도를 $\rho^{-\frac{1}{2}} = \sqrt{\frac{32\pi G}{3}}\,t$ 에 집어 넣는다.

$$\left.\begin{array}{l} P = \frac{1}{3}\rho c^2 \\ P = \frac{1}{3} a T^4 \end{array}\right) \Rightarrow \rho c^2 = aT^4$$

$$\rho = \frac{a}{c^2} + T^4$$

$$\frac{1}{\sqrt{\frac{a}{c^2}}\,T^2} = \sqrt{\frac{32\pi G}{3}}\,t$$

넘기고 넘기고 √ 쳐 주세요.

$$\underset{(온도)}{T} = \frac{1}{\left(\frac{32\pi G a}{3c^2}\right)^{\frac{1}{4}} \underset{(시간)}{t^{\frac{1}{2}}}}$$

$$T = \left(\frac{3c^2}{32\pi G a}\right)\frac{1}{\sqrt{t}}$$

$$\boxed{T = 1.5 \times 10^{10}\frac{1}{\sqrt{t}}}$$

온도와 시간의 공식

RDU

$$RDU \Rightarrow w = \frac{c^2}{3\underset{(광속)}{c^2}} = \frac{1}{3}$$

$$MDU \Rightarrow \frac{(500)^2}{3c^2} = 10^{-12} \fallingdotseq 0$$

기체속도

거의 0에 가깝기 때문에 $W = 0$ 으로 둔다.

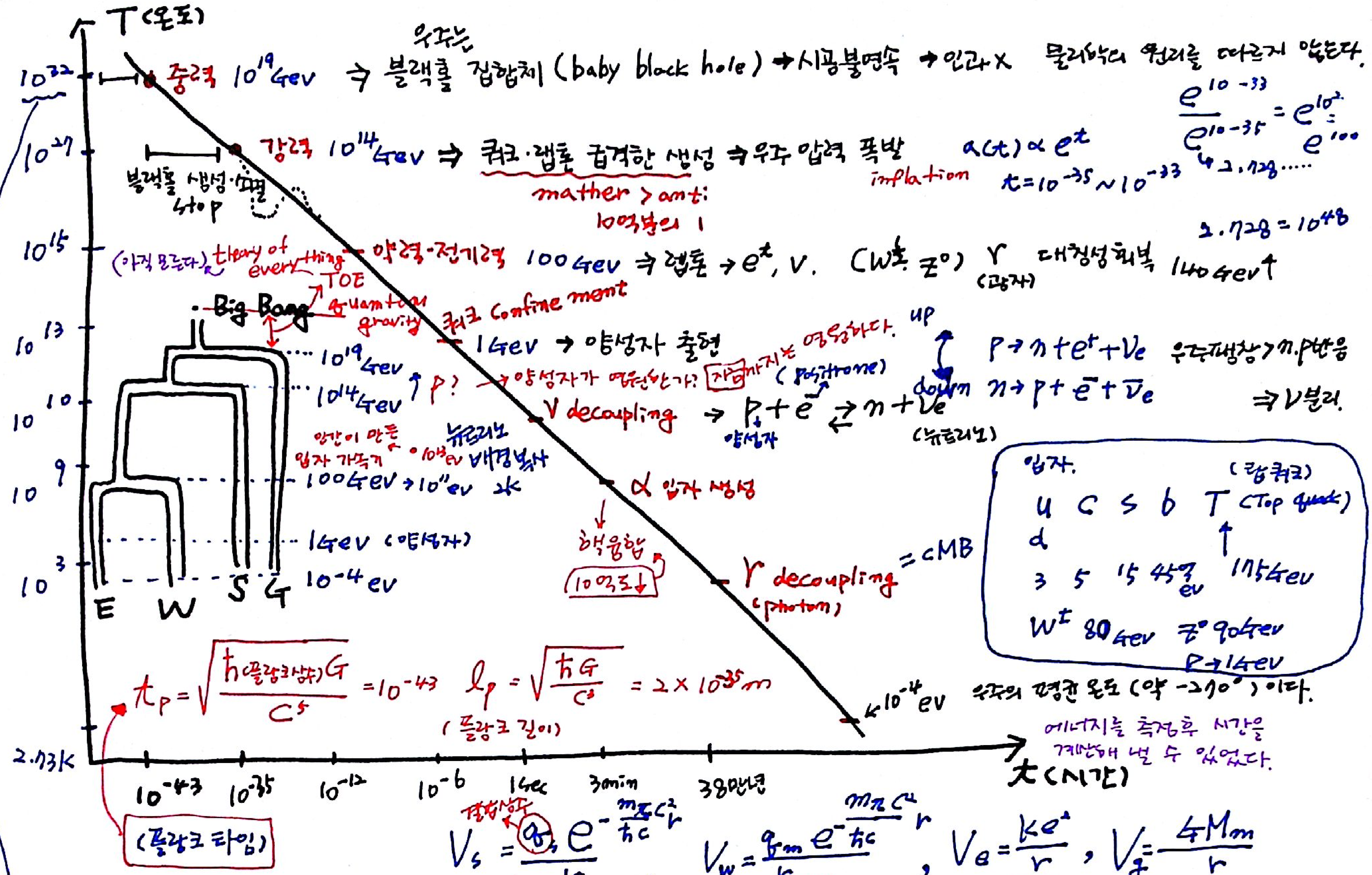
$$PV = \frac{1}{3}\frac{mN\bar{v}^2}{V} = \frac{1}{3}\rho\bar{v}^2$$

$$\underset{(공기입자속도)}{v} = \sqrt{\frac{3P}{\rho}}$$

$$v_{질소입자속도} = \sqrt{3(1.01\times10^5\ N/sec}$$

$$\cong \boxed{500}\ m/sec$$

공기의 속도는 총알보다 빠르다.



$V_s = \frac{g_s e^{-\frac{m_\pi c}{\hbar} r}}{r}$ (강력, 결합상수), $V_w = \frac{g_m e^{-\frac{m_\pi c}{\hbar c} r}}{r}$ (약력), $V_e = \frac{ke^2}{r}$ (전자), $V_g = \frac{GMm}{r}$ (중력)

빅뱅 이후 10^{-43} 플랑크 타임 때 중력이 생긴다. 10^{32}K의 온도가 된다.

$10^{32}KT = 10^{32} \times \underbrace{8.6 \times 10^{-5}\ eV/K}_{\text{볼츠만 상수}} \Downarrow 10^{-4}$

$= 10^{32} \times 10^{-4} eV$

$= 10^{28} eV = 10^{19+9} eV = 10^{19} Gev$ (giga electron volt)

온도를 eV (전자기력)으로 바꾸는 것은 10^{13}을 빼주면 됩니다.

$10^{32}_{K} - 10^{13} = 10^{19} Gev$

강력

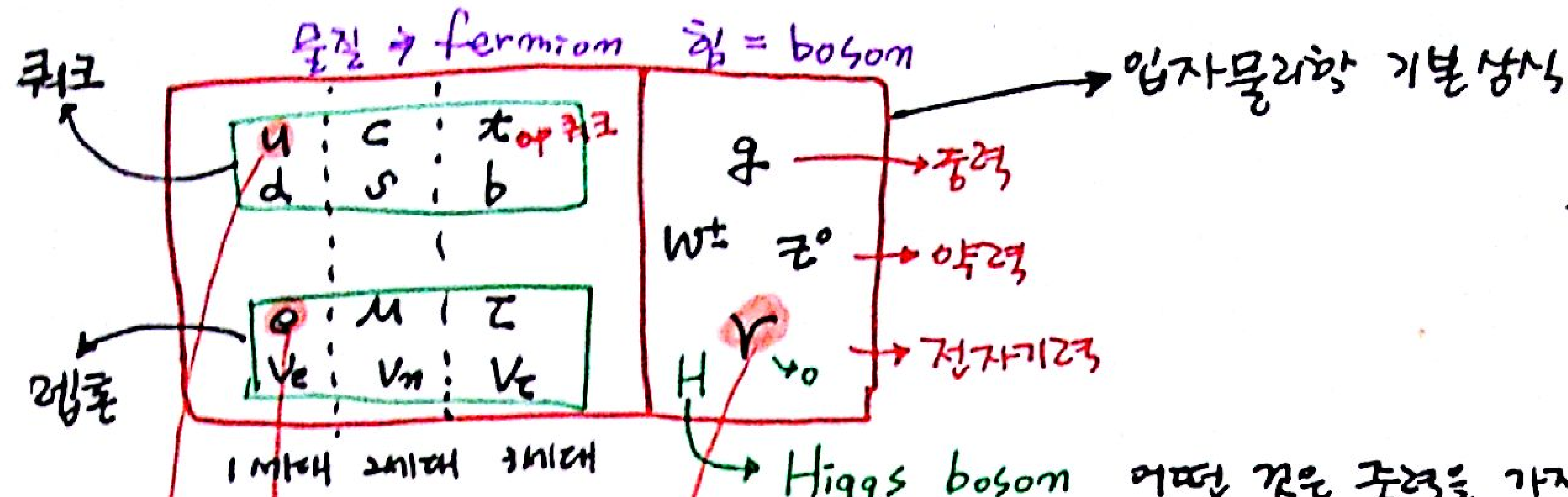
알렌 구스가 우주가 빅뱅 이후에 다시 폭발 한다는 가설을 세우고 공식화 하였다. 그리고 이 사건은 물리학계를 발칵 뒤집는다. 그리고 알렌 구스에게 11개의 대학에서 교수 제안이 온다. 그 결과로 알렌 구스는 MIT 대학 교수가 된다. 이 사건이 중요한 이유는 우주 배경 복사를 측정한 결과 이 우주의 폭발이 증명 ~~증명~~ 되었기 때문이다. inflation (가속 팽창) 이론은 우주를 이해하는 이론이 되었다.

10^{13}K = 1Gev 양성자의 전자기력은 968 Mev 이다. 거의 1Gev와 가깝다. 결국 양성자가 생성된 상태이다.

1Gev 우주의 전자기력이다. 양성자 중성자의 값이다. 우주의 에너지와 비슷하다.

10^{13}K 보다 낮아지면 양성자와 중성자가 나누어진다.

결국 10^{10}K 이하면 중성자의 중력이 커진다.



어떤 것은 중력을 가지고 있고 또 다른 것은 그렇지 않는 이유를 설명하고 있다.

자연과학은 거의 밝혀졌다.

대칭의 붕괴를 통해 지구와 태양과 우주가 나왔다. 빛 현상과 방사선 붕괴가 하나의 현상이다.

양성자. 전자. 광자로 138억년의 우주 진화를 설명하는게 박문호 박사의 포부이다.

중력은 차별, 전자기력은 무차별.

우리가 서 있는 대지, 인간 모두 전자기력의 현상이다. 중력은 모든 것을 당긴다. 모든 것의 압력을 주면 블랙홀이 된다.

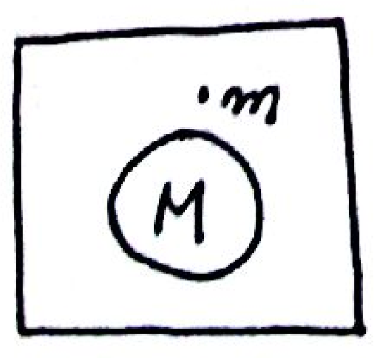
자연현상은 중력과 전자기력의 상호작용이다.

자연과학을 한다는 것은 공식에 익숙해지는 것이다.

「Z 값을 알면 우주를 다 안다.」

"Z"

존경하는 마음으로 뉴턴의 공식을 적어야 한다



$$U = \frac{1}{2} m v^2 - \frac{GMm}{r}$$

$$U = \frac{1}{2} m \dot{r}^2 - \frac{Gm}{r}\frac{4\pi}{3} r^3 \rho$$

(밀도 ρ)

$r(t) = a(t)x \quad a(t_0) = 1$

↳ 공변 좌표

$$U = \frac{1}{2} m \dot{a}^2 x^2 - \frac{4\pi G m}{3} a^2 x^2 \rho$$

$$\frac{2U}{m a^2 x^2} = \left(\frac{\dot{a}}{a}\right)^2 - \frac{8\pi G}{3}\rho$$

$$\left(\frac{\dot{a}}{a}\right)^2 = \frac{8\pi G}{3}\rho - \frac{-2U}{m c^2 x^2}\frac{c^2}{a^2} \qquad \equiv k$$

$$= \frac{8\pi G}{3}\rho - \frac{kc^2}{a^2}$$

$$\boxed{\left(\frac{\dot{a}}{a}\right)^2 = \frac{8\pi G}{3}\rho - \frac{kc^2}{a^2}} \qquad a = R(t)$$

↳ Freidman eq.

$$\left[\left(\frac{1}{R}\frac{dR}{dt}\right)^2 - \frac{8\pi G}{3}\rho\right]R^2 = kc^2$$

$$\boxed{H^2 = \frac{8\pi G}{3}\rho_c} \rightarrow \frac{8\pi G}{3} = \frac{H^2}{\rho_c}$$

$$\left[\left(\frac{1}{R}\frac{dR}{dt}\right)^2 - \frac{H^2}{\rho_c}(\rho_m + \rho_{rel} + \rho_\Lambda)\right]R^2 = kc^2$$

밀도가 운명이다.

다크에너지 밀도

시간의 함수기 때문에 지금의 시간으로 바뀐다.

압력에 관한 w 이다. $P = w\rho c^2$

$$\rho = \rho_0 R^{-3(1+w)} \quad R^{3(H-w)} \quad \rho = \rho_0 \quad R^3 \rho_m = \rho_{m0}$$

RDU (=Rel)	$w = \frac{1}{3}$	$P = \frac{1}{3}\rho c^2$
MDU (=m)	$w = 0$	$P = 0$
ΛDU (⇒Λ)	$w = -1$	$P = -\rho c^2$

$$R^4 \rho_{rel} = \rho_{rel0} \quad R_\Lambda = \rho_{\Lambda 0} \quad \rho_m = \frac{\rho_{m0}}{R^3} \quad \frac{\rho_{m0}}{\rho_c} = \boxed{\Omega}_{m0}$$

다크에너지의 density는 바뀌지 않는다.

critical density 확장될 것인지 아닌지 결정 밀도. 다크에너지, 광자의 비율이다.

$$\left[\left(\frac{1}{R}\frac{dR}{dt}\right)^2 - \frac{H^2}{\rho_c}\left(\frac{\rho_{m0}}{R^3} + \frac{\rho_{rel0}}{R^4} + \rho_{\Lambda 0}\right)\right]R^2 = -kc^2$$

$$\left[\left(\frac{dR}{dt}\right)^2 - \frac{H_0}{\cancel{\rho_{c0}}\,\rho_{c0}}\left(\frac{\rho_{m0}}{R} + \frac{\rho_{rel0}}{R^2} + \rho_{\Lambda 0}R^2\right)\right] = 0$$

우주가 평행한 선처럼 생겼기 때문에 "0"이다.

$$\left[\left(\frac{dR}{dt}\right)^2 - \underline{H_0}^2\left(\frac{\Omega_{m0}}{R} + \frac{\Omega_{rel0}}{R^2} + \Omega_{\Lambda 0}R^2\right)\right] = 0$$

현재 허블상수

√로 치환

$$\left(\frac{dR}{dt}\right)^2 = H_0^2\left(\frac{\Omega_{m0}}{R} + \Omega_{\Lambda 0}R^2\right)$$

$$\left(\frac{dR}{dt}\right) = H_0\sqrt{\frac{\Omega_{m0}}{R} + \Omega_{\Lambda 0}R^2}$$

$$\frac{1}{H_0}\int \frac{dR}{\sqrt{\frac{\Omega_{m0}}{R} + \Omega_{\Lambda 0}R^2}} = \int dt$$

$$\frac{1}{H_0\sqrt{\Omega_{m0}}}\int \frac{\sqrt{R}\,dR}{\sqrt{1 + \frac{\Omega_{\Lambda 0}}{\Omega_{m0}}R^3}} = t$$

변수 치환

$$\sqrt{1 + \left(\frac{\Omega_{\Lambda 0}}{\Omega_{m0}}\right)R^3} \equiv x$$

$$x^2 - 1 = \left(\frac{\Omega_{\Lambda 0}}{\Omega_{m0}}\right)R^3$$

$$2x\,dx = \left(\frac{\Omega_{\Lambda 0}}{\Omega_{m0}}\right)3R^2 dR$$

진짜 할 만한 가치가 있는가?

$$t = \frac{1}{H_0\sqrt{\Omega_{m0}}}\int \frac{\sqrt{R}\;2x\,dx}{x\left(\frac{\Omega_{\Lambda 0}}{\Omega_{m0}}\right)3R^2}$$

$$= \frac{1}{H_0\sqrt{\Omega_{m0}}}\,\frac{2}{3}\int \frac{dx}{\left(\frac{\Omega_{\Lambda 0}}{\Omega_{m0}}\right)R^{\frac{3}{2}}}$$

$$= \frac{1}{H_0\sqrt{\cancel{\Omega_{m0}}}}\,\frac{2}{3}\int \frac{dx}{\left(\frac{\Omega_{\Lambda 0}}{\Omega_{m0}}\right)\left(\frac{\Omega_{m0}}{\Omega_{\Lambda 0}}\right)^{\frac{1}{2}}\sqrt{x^2-1}}$$

$$= \frac{2}{3H\sqrt{\Omega_{\Lambda 0}}}\int \frac{dx}{\sqrt{x^2-1}}$$

$$\boxed{\int \frac{dx}{\sqrt{x^2 - a^2}} = \ln\left(x + \sqrt{x^2-1}\right)}$$

적분공식 적용

$$t = \frac{2}{3H_0\sqrt{\Omega_{\Lambda 0}}}\ln\left(x + \sqrt{x^2-1}\right)$$

$$\boxed{t = \frac{2}{3H_0\sqrt{\Omega_{\Lambda 0}}}\ln\left[\sqrt{1 + \left(\frac{\Omega_{\Lambda 0}}{\Omega_{m0}}\right)R^3} + \sqrt{\left(\frac{\Omega_{\Lambda 0}}{\Omega_{m0}}\right)R^3}\right]}$$

우주 시간

이 공식을 알면 t 값을 안다. t 값을 알면 우주의 크기를 알 수 있다.

우주의 나이

$$\boxed{t = \frac{2}{3H_0\sqrt{\Omega_{\Lambda_0}}} \ln\left[\sqrt{1+\left(\frac{\Omega_{\Lambda_0}}{\Omega_{m_0}}\right)R^3} + \sqrt{\left(\frac{\Omega_{\Lambda_0}}{\Omega_{m_0}}\right)R^3}\,\right]}$$

$\to 73 \pm 3\,\mathrm{km\,s^{-1}\,Mpc^{-1}}$ $\quad \Omega_{m_0} = 0.27 \quad \Omega_{\Lambda_0} = 0.73 \quad R(t) = 1$

$= 4.32 \times 10^{17}\,\mathrm{sec} = {}^{*}137$억년

- $\sinh^{-1}x = \ln(x + \sqrt{x+1})$ $\qquad = \frac{3}{2}H_0 t\sqrt{\Omega_{\Lambda_0}}$

$$\ln\left(\sqrt{1+\left(\frac{\Omega_{\Lambda_0}}{\Omega_{m_0}}\right)R^3} + \sqrt{\left(\frac{\Omega_{\Lambda_0}}{\Omega_{m_0}}\right)R^3}\right) = \sinh^{-1}\left(\sqrt{\left(\frac{\Omega_{\Lambda_0}}{\Omega_{m_0}}\right)R^3}\right)$$

자연로그

$$\left(\frac{\Omega_{\Lambda_0}}{\Omega_{m_0}}\right)R^3 = \sinh^2\left(\frac{3}{2}H_0 t\sqrt{\Omega_{\Lambda_0}}\right)$$

$$\sinh x = \frac{e^x - e^{-x}}{2}$$

$$\frac{e^{ix} - e^{-ix}}{2} = \sinh(ix) = \sinh x$$

$$R(t) = \left(\frac{\Omega_{m_0}}{\Omega_{\Lambda_0}}\right)^{\frac{1}{3}} \sinh^{\frac{2}{3}}\left(\frac{3}{2}H_0 t\sqrt{\Omega_{\Lambda_0}}\right)$$

$$= \left(\frac{\Omega_{m_0}}{4\Omega_{\Lambda_0}}\right)^{\frac{1}{3}}\left(e^{\frac{3}{2}H_0 t\sqrt{\Omega_{\Lambda_0}}} - e^{-\frac{3}{2}H_0 t\sqrt{\Omega_{\Lambda_0}}}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$H_0 t \gg 1 \to t \gg \frac{1}{H_0} \to t \gg t_H \to 140$억년

$$R(t) = \left(\frac{\Omega_{m_0}}{4\Omega_{\Lambda_0}}\right)^{\frac{1}{3}} e^{H_0 t\sqrt{\Omega_{\Lambda_0}}}$$

$H_0 t \ll 1 \to t \ll t_H$ 옛날로 돌아가면 어떻게 되는가?

$$R(t) = \left(\frac{\Omega_{m_0}}{\Omega_{\Lambda_0}}\right)^{\frac{1}{3}}\left(\frac{3}{2}\right)^{\frac{2}{3}}\left(H_0 t\sqrt{\Omega_{\Lambda_0}}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$R(t) \propto t^{\frac{2}{3}}$$

$e^{i\pi} + 1 = 0$ $\quad (0, 1, \pi, i)$

$e = 2.728\ldots\ldots$ 오일러 상수

$e = \sum_{n\to\infty} \left(1+\frac{1}{n}\right)^{\infty}$

$e = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{n!} = \frac{1}{1!} + \frac{1}{2!} + \frac{1}{3!} + \cdots\cdots \frac{1}{n!}$

$e = \lim_{n\to\infty}\left(1+\frac{1}{n}\right)^n$

$2.728\ldots\ldots$

$\frac{1}{n} \to 0$ 엄청 무한으로 가고 영원히 0으로 갈때 오일러 상수 $2.728\ldots\ldots$ 이 나온다.

$e^{ix} = 1 + \frac{ix}{1!} + \frac{(ix)^2}{2!} + \frac{(ix)^3}{3!} + \cdots\cdots\cdots =$

$=$

$$e^{i\pi}+1=0 \quad (0, 1, \pi, i) \qquad e=2.728\cdots\cdots$$

오일러 상수

$$e=\sum_{n\to\infty}\left(1+\frac{1}{n}\right)^{\infty}$$

$$e=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{1}{ni}=\frac{1^1}{1!}+\frac{1^2}{2!}+\frac{1^3}{3!}+\cdots\cdots+\frac{1^n}{n!}$$

$$e^{ix}=1+\frac{ix}{1!}+\frac{(ix)^2}{2!}+\frac{(ix)^3}{3!}+\cdots\cdots\cdots$$

$$=1+ix+\frac{-x^2}{2!}+\frac{-ix^3}{3!}+\frac{x^4}{4!}+\cdots\cdots$$

$$=\overbrace{\left(1-\frac{x^2}{2!}+\frac{x^4}{4!}-\frac{x^6}{6!}+\cdots\cdots\right)}^{=\cos x}+i\overbrace{\left(\frac{x^1}{1!}-\frac{x^3}{2!}+\frac{x^5}{5!}\cdots\cdots\right)}^{=\sin x}$$

$$=\cos x+i\sin x$$

모든 우주는 $\cos x$ 과 $\sin x$ 의 합으로 이루워 진다.

$$e=\lim_{\to 0}^{\to\infty}\left(1+\frac{1}{n}\right)^{n}$$ 위대한 공식이다.

2013. 03. 31 19시 10분