

제10회 137 우주의 진화
2017. 7. 16

제 10강. 뉴턴 만유인력부터 변의 진화까지

[제10회 137 강의 내역]

137회
암시.
DNA, RNA, 단백질
미토콘드리아 (현미경). 광합성
생물
중생대 : 공룡 vs 포유류
신생대 : 기후

10시17분
• 물리 : 우주를 바깥으로 한 물리 세계

• 많은 사람들이 '물리학', '물리의 세계'가
어렵다는 집착 관념을 가지고 있다.

But, '물리학'이 가장 쉽다!

Q: 핵융합시켜 이득을 내는

태양은 사람들이 물리학 분야
노벨상을 받을까?

key) 드브로이 : 박사학위 논문 → 노벨상

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

아인슈타인 $E = h\nu$

A : 물리학이 쉽기 때문이다.

(∴) 물리학이 어렵다는 통념적 관념. 실제로는
물리학 근처에 가지도 않았다는 것이
'답'이다.

• 우리가 물리에서 알아야 할 '개념', '대상'
무엇인가를 질문하자.

'물리학'이 어렵다는 '환상' 깨기

이분법정식이 필요하다면,
'이분법정식'을 만들어 낸다.

필요한

$$F = m \cdot a$$

$$H\psi = E\psi$$

에너지계산

$$R^{\mu\nu} - \frac{1}{2} g^{\mu\nu} R = \frac{8\pi G}{c^4} T^{\mu\nu}$$

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta W$$

열 에너지 일

$$E = T + V$$

Total Energy 운동 E 위치

Definition의 세계

'물리'의 세상 =

• 문이 잠겨있다고 생각하지 않기.
문은 잠긴 적이 없다. 문은 그냥 열릴 뿐이다.

• 물리 = Definition 이 세계다.
by Einstein

(길이 : 자로 재는 것
시간 : 시계로 재는 것

• 일반상대성이론 : 중력에너지 등가의 법칙
(특수상대성이론 : 광속 불변의 법칙

$$\psi = e^{ikx}$$

$$A = a + bi$$

$$\begin{cases} i = \sqrt{-1} \\ i^2 = -1 \end{cases}$$

계산에서 음수가 나오
이렇게 '정리' 하자

Big bang 이전에 무엇이 있었는 질문이 많아
→ '정리'를 하고 있는 것
'정리'는 질문의 대상이 아니다. 시작점이다.

• 1920년 양자역학 출현

원자의 세계가 명확해 진 이후, 원자내부 상황에
뉴턴의 법칙으로 해결되지 않는 일부가
발견

→ 이 문제를 해결하기 위해 젊은
일부 학자 중심으로 시작되기 시작함

• ψ : 상태를 수식으로 표현해야 한다.

state function 우리의 모든 탐구한 양자적 현상 있음.
but 원자핵 수준으로 정리 가지지 않음
'양자역학'의 영향력이 리미트되어 있다.

^3He 3°K (270°K)

매우 $^3\text{He} \rightarrow$ 헬륨 라고 부르니까 \rightarrow Im Harmonic 상태가 되면
"Superfluid"
→ 저서적 양자 현상이 발견된다.

• 양자역학의 시작

$$H\psi = E\psi$$

=
상태함수
웨이브 function

ψ

state function

m. m m (숫자)

$\psi = e^{i\dots}$ 허수상태로 계산되어감
(허수) 무슨 의미는 갖는가?

아인슈타인 vs 닐스 Bohr 해석상 논쟁
 \uparrow (허수) 에른페스트 \uparrow (허수)
두 학자 갈등 때문에 자살

○ 코펜하겐 학파의 리미 해설

$$\psi \psi^*$$

conjugate

ψ 자체는 리미 X

→ 어느 시점에 입자가
있는 확률

$$\begin{cases} \psi = a + bi \\ \psi^* = a - bi \end{cases}$$

$$\psi \cdot \psi^* = a^2 + b^2 \rightarrow \text{실수로 바뀜}$$

\equiv real 자결과
mapping 된다

"코펜하겐 해설"

↳ 시뮬레이션 시도 중

원래

이렇게 하자

'정의' 하는 세계.

$$H\psi = E\psi$$

$$H = T + V$$
 해밀토니안 운동에너지 위치에너지

$$= \frac{1}{2}mv^2 + V = \frac{m^2v^2}{2m} + V$$

$$= \frac{p^2}{2m} + V$$

$$= \frac{-\hbar^2}{2m} \nabla^2 + V$$

(설명 part)

vector
 에너지 위치에너지 (eg) 운동
 scalar
 뉴턴 역학은 대부분 vector의 세계임

특리대칭 P, E only

(P momentum
 E energy

(::) P, E는 보존되기
 때문이다
 "에너지 보존의 법칙"

시간, 공간에 따라
 바뀌지 않는다

P → 공간에 대해 불변
 E → 시간에 대해 불변

$p = -i\hbar \nabla$ 로 하자

'Quantum jump'
 양자역학 적용

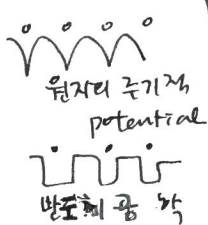
$$\begin{aligned}
 (-i)^2 &= (-1)^2 \cdot (i)^2 \\
 &= 1 \cdot (-1) \\
 &= -1
 \end{aligned}$$

$H\psi = E\psi$ 2차 방정식

$$\left(-\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 + V\right)\psi = E\psi$$

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \psi + V\psi = E\psi$$

(자유전자)
 potential x



$$-\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \psi = E\psi$$

$$\nabla^2 \psi = -\frac{2m}{\hbar^2} E\psi$$

$$\nabla^2 \psi + \frac{2mE}{\hbar^2} \psi = 0$$

$\downarrow k^2$

$$\nabla^2 \psi + k^2 \psi = 0$$

$$(\nabla^2 + k^2) \psi = 0$$

$$(\nabla + i k)(\nabla - i k) \psi = 0$$

→ 다음 page
 (4쪽 오른쪽)

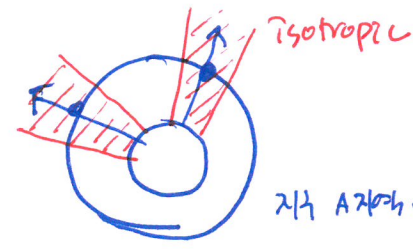


- 자유는 potential 없는 상황 = 자유전자 = 계층 x (영역 에너지)
- 원자핵의 '위상'에 전자가 갇힘 → 전자의 계층이 정해짐

자유전자 상태
 = free wave
 (시공을 평면파로)

P
 각 운동량 보존의 법칙
 : 방향에 대해서도 isotropic
 선 운동량 " → 평행운동
 : 무조건 바뀌어도 동일한 이유
 무조건 homogeneous 하기 때문

(각)



지구 A지역, B지역

(선)

지구 — 달 — 100억 광년

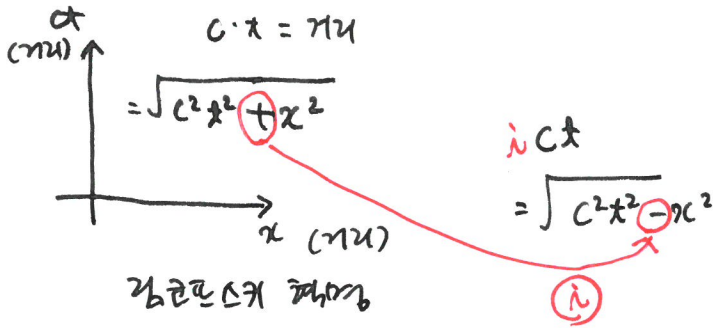


(::) 우주는 '균일'한 공간이기 때문
 '동일'

⇒ 우주는 中心이 없다, 'multi-universe'

→ 허블팽창론 → 인플레이션론
 inflation theory 바탕
 근거가 없음

(서론 part)



- 물리학은 \sim 라인 하자, 라인 제비바는
물리 말이다.
물리 말이다

$$(\nabla^2 + k^2) \psi = 0$$

$\hookrightarrow a^2 + b^2$ 로 두자 : 등가리 배치

$$\begin{aligned} a^2 + b^2 &= (a + bi)(a - bi) \\ &= a^2 - (bi)^2 = a^2 - (-b^2) \\ &= a^2 + b^2 \end{aligned}$$

* 양자역학. 파동의 세기 (amplitude)를
사실상 파동의 세기

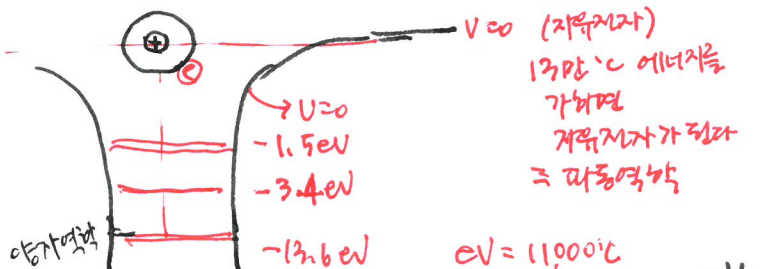
$$\int \frac{dx}{x} = \ln x$$

x 미분 $\rightarrow dx$
분모를 미분한 것이
분자에 있는 경우

$$\begin{aligned} \log_{10} & \text{ 상용로그} \\ \log_e &= \ln \text{ 자연로그} \end{aligned}$$

$$\int dx = x$$

- 원자에 갇힌 전자 (구속전자)



\Rightarrow 3 page 작중하단
(위 공식이기에 이어서)

$$\nabla^2 \psi + k^2 \psi = 0$$

$$(\nabla^2 + k^2) \psi = 0$$

$$(\nabla + ik)(\nabla - ik) \psi = 0$$

$$\nabla \psi - ik \psi = 0 \quad d\psi - ik \psi = 0$$

$$\frac{d\psi}{dx} = ik \psi$$

$$\frac{d\psi}{\psi} = ik dx \quad \int \frac{d\psi}{\psi} = ik \int dx$$

$$\ln \psi = ikx + C$$

$$\ln \psi = ikx + C$$

$$\psi = e^{ikx+C} + A e^{ikx}$$

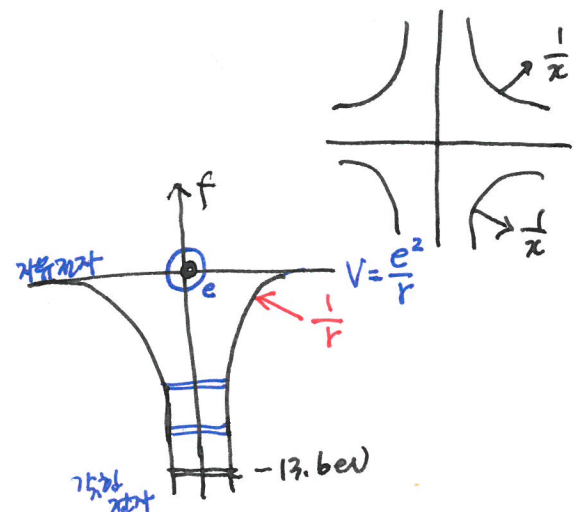
$$\psi = A e^{ikx} \quad \psi = A (\cos kx + i \sin kx)$$

\hookrightarrow 자유전자 이야기 ($V=0$)

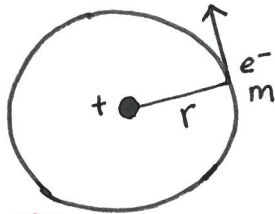
\hookrightarrow 구속전자 이야기 : 계층이 있다.

-13.6 eV 의 계층을 살펴보자

i Coulomb's force 전자기력



① 구속전자 : 쿨롱 force (전자기력)



$$m \frac{v^2}{r} = \frac{Ke^2}{r^2}$$

$F=ma$ 를 원운동에 적용한 것

$$mv^2 = \frac{Ke^2}{r}$$

$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$$

각운동량 momentum

$$(4각량제한때) = r p = m v r = n \hbar \quad n=1, 2, 3, 4$$

$$\hbar = \frac{h}{2\pi} \quad (6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{sec})$$

$$v = \frac{n \hbar}{m r}$$

$$r = \frac{Ke^2}{m v^2} = \frac{Ke^2}{m \left(\frac{n \hbar}{m r} \right)^2}$$

$$= \frac{Ke^2 r^2 m}{n^2 \hbar^2}$$

$$r = \frac{Ke^2 r m}{n^2 \hbar^2}$$

$$r = \frac{n^2 \hbar^2}{Ke^2 m}$$

영속 x 양자화됨

공간의 양자화되어 있다

$n=1, 2, 3, \dots$

$$r_n = \left(\frac{\hbar^2}{Ke^2 m} \right) n^2 = a_0 n^2$$

$$r_n = a_0, 4a_0, 9a_0, 16a_0, \dots$$

(→ 뒷 page 2)

(설명 part)

원자핵 = 지구
전자 = 이성태 $e = 0.017$

자성운동

우리가 사는 세상은 $0 < x < 1$ 0과 1 사이에 있다.

그러나 실제로는 0과 1 밖에 없다. 완벽한 세계는 양자화한 '원'이다.

무한대에 가까운 수학적 세계가 모두 구현되어 있을 수 있다는 생각이 처음 프로그래머들의 생각이다.

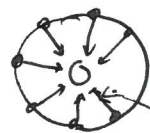
Real 자연은 0과 1 사이 어긋남... 아니다! 0과 1 밖에 없다는 생각도 있음

원 운동의 속도

$$\frac{v^2}{r}$$

$$F = ma = m \frac{v^2}{r}$$

→ 양자화한 양 하버리 공식



각이 지구를 향해 계속 쏠려지고 있다
 2.3 mm/sec^2

$$\frac{v^2}{r}$$

→ 각운동량



올려져서 r
올려져서 p

보통 물리학 보편성 $\vec{L} = n \hbar$ 2 두자

원자의 크기를 양자화해 r 을 구하는 과정이다.

양자 quantum : 에너지 양자

-5- (방법) 공간도 양자화 되어 있다 (→ Digital only) 에너지 불연속

- 에너지 = 양자화 되어 있음

$$E = T + V$$

$$= \frac{1}{2}mv^2 + \frac{-ke^2}{r}$$

potential 에너지 (well)
양자화 $\propto \frac{1}{r}$

$$= \frac{ke^2}{2r} - \frac{ke^2}{r} = -\frac{ke^2}{2r}$$

$$E = -\frac{ke^2}{2r} = \frac{-ke^2}{2a_0n^2} = -\left(\frac{ke^2}{2a_0}\right)\frac{1}{n^2}$$

$$E_n = \frac{-E_1}{n^2}$$

$$E_n = -E_1, \frac{-E_1}{4}, \frac{-E_1}{9}$$

13.6eV 3.4eV 1.5eV

(\therefore) 에너지도 '양자'화 되어 있다.

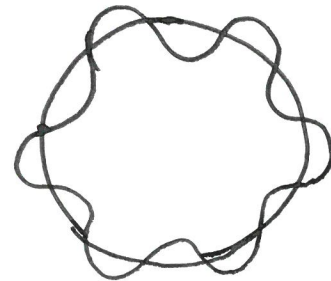
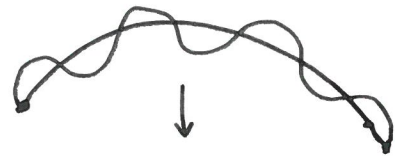
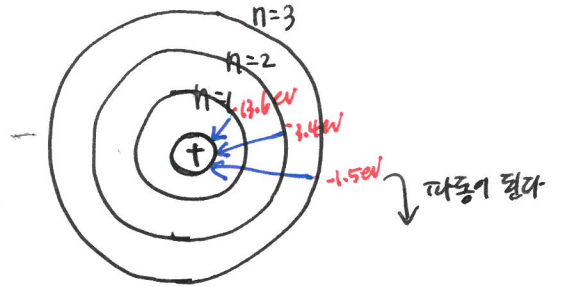
* 주기운동

$$H = \frac{-\hbar^2}{2m} \nabla^2 + V$$

$$V = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r} \rightarrow \text{주기운동 계산 가능}$$

(설명 part)

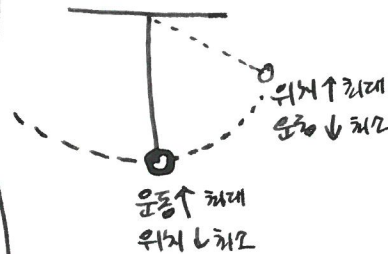
- 구속제자 \rightarrow 에너지 준위가 있음.



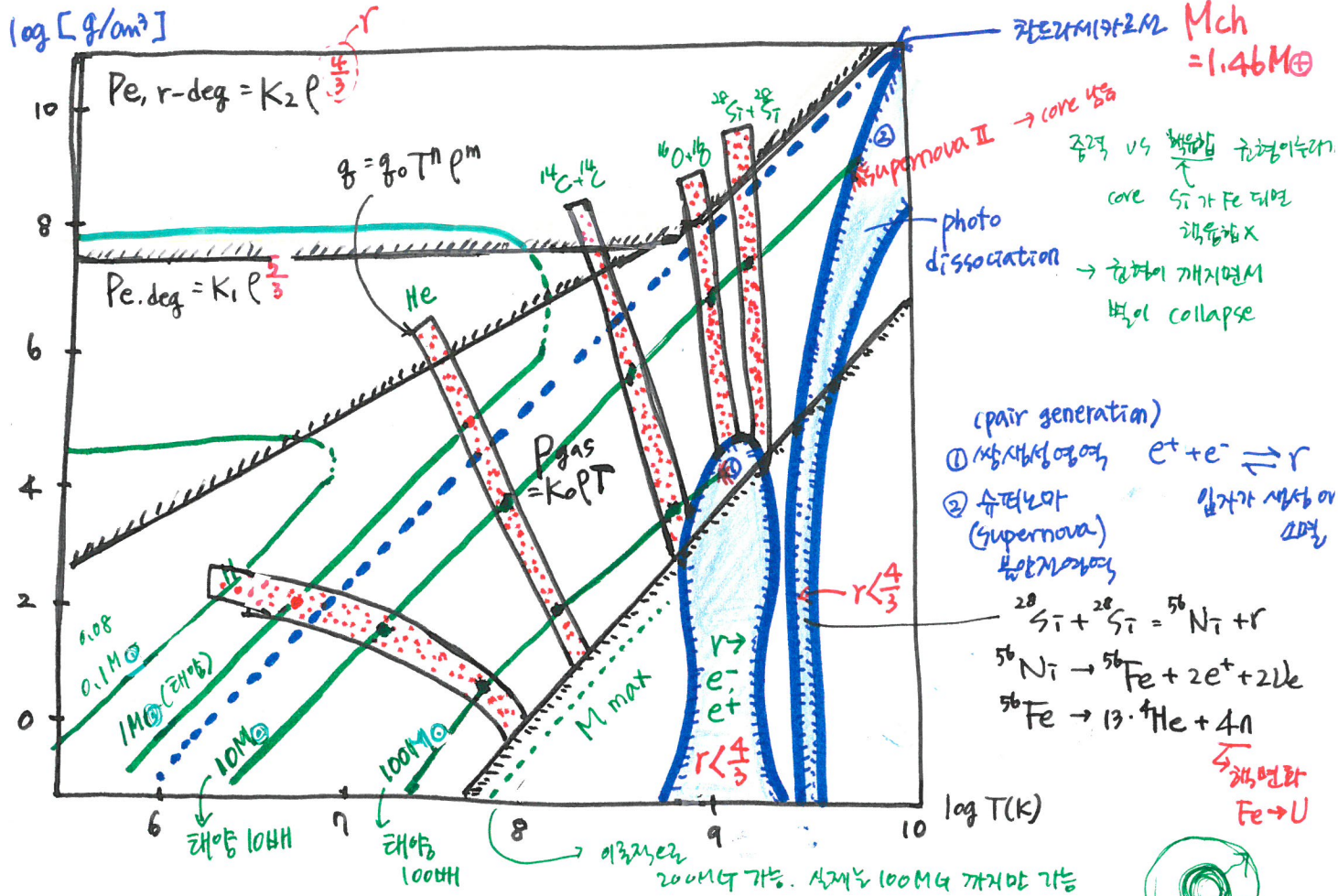
궤도가 맞아야 한다

- 궤도가 맞지 않는 것은 decay mode \rightarrow 순간적으로 사라진다

$$E = T + V$$



[변] 밀도, 온도 가 해설



• 찬드라세카르 (인도 천체물리학자) 1931년 노벨상

태양질량 1.46 배
($2.9 \times 10^{30} \text{ kg}$)

이것보다 작으면 백색왜성으로 소멸
더 크면 폭발

찬드라세카르의 한계
백색왜성 최대 질량

태양 50억년 후 → red giant → C 핵융합 (He → C) 태양질량 50배
core → diamond로
'온도'로 이미 자해해져 있음. (태어난 크기 = 온도)

degeneration 상태
(빛이 밖으로 나가지 않고
순식간에 핵융합)

변: 백악년 이상 유지되어야 함 → 조건을 벗어나는 순간 붕괴
(core 밀도, 평형을 유지하는 조건을 계산함
→ 정적비율, 정형비율)

$$r > \frac{4}{3}$$

보다 커야 변이 존재함
2 이하가 되면 변이 붕괴

* Degeneration
: 빈 자리가 없기 때문에 계속
내려감
전자들이 가장 낮은
상태를 빈틈없이
채운상태
→ 엄청난 압력을
전달함 있음
→ 그러다가
일순간 균형 무너지

* 찬드라세카르 (백색왜성 질량)

「항성내부구조 및 진화. (Dina Priatnik. 천체물리학)」

(1 page 설명)

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta W \quad \dots \text{단열 } \Delta Q = 0$$

$$\Delta U + \Delta W = 0 \quad du + dw = 0 \quad dw = p dv = p d\left(\frac{1}{\rho}\right)$$

$$U = \phi \frac{P}{\rho} \quad \text{반응} \quad W = \Delta V = \Delta \left(\frac{1}{\rho}\right) \quad \text{부피변화}$$

ρ 밀도

$$\phi \frac{1}{\rho} dP + \phi P d\left(\frac{1}{\rho}\right) + P d\left(\frac{1}{\rho}\right) = 0$$

$$(\phi + 1) P d\left(\frac{1}{\rho}\right) = -\phi \frac{1}{\rho} dP$$

$$-\frac{(\phi + 1)}{\phi} \frac{d\left(\frac{1}{\rho}\right)}{\frac{1}{\rho}} = \frac{dP}{P}$$

r

$$\Rightarrow -r \ln\left(\frac{1}{\rho}\right) = \ln P \quad ; \text{자극/자극응답비}$$

$$\ln \rho^r = \ln P$$

$$P = K \rho^r \quad (\because) \text{압력이 밀도에} \\ \text{자극에 비례한다}$$

— • — • —

q 반응속도 상수

$$q = q_0 T^n e^m$$

$$\log P = -\frac{n}{m} \log T + \dots$$

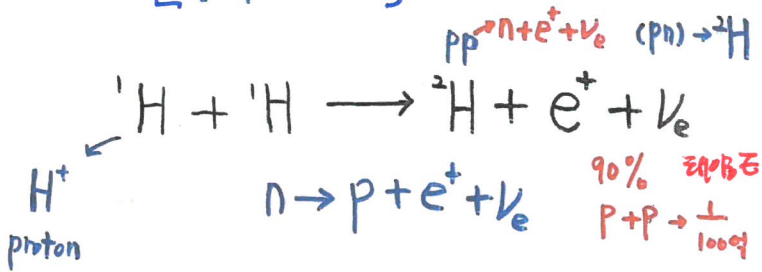
~ 1

$$n : \text{PP } n=4 \\ \text{CNO } n=16$$

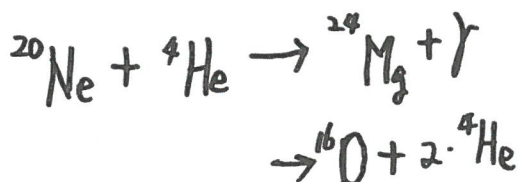
PP chain
3 α
CNO

[참고. 미9회 (3회 연속 미2강 내보)] (P-P chain
3 α process
CNO)

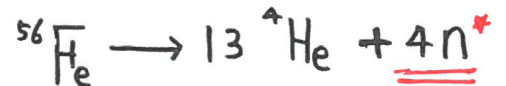
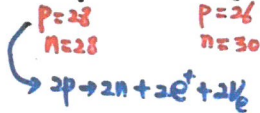
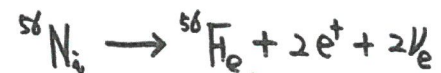
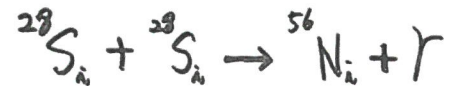
[P-P chain]



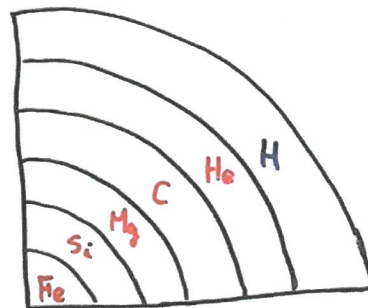
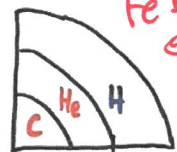
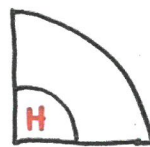
[3 α process]



[CNO]

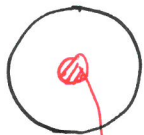


[별의진화]



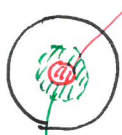
3H 별의
Fe 부러
은 2개는 1개
다양한
역할

<핵융합>



H → He

① H 융합
p-p chain



주변의 수소가 란다
→ 핵이 팽창
core는 막히고
주변의 H가 란다



He이 쌓임
압력 ↑
온도 ↑



He 핵융합

3억도 이상

② He 핵융합
3α process

③ $^{12}\text{C} + ^{12}\text{C}$

④ $^{16}\text{O} + ^{16}\text{O}$

⑤ $^{28}\text{Si} + ^{28}\text{Si}$

핵융합 계층이 지어짐
③ 여기까지는 못가

→ 백색왜성으로 급격히 수축한다

(부연설명) 익숙하지 않을 뿐 가장 쉬운 학문 '물리학'

역학

고전역학

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

열역학

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta W$$

일반상대성이론까지 포함됨

양자역학
force

$$H\psi = E\psi$$

• 물리학자: Newton, Einstein

1665

1665~1667 테스트 창창로 작업에 귀향
Newton 혁명

Einstein은 Newton과도 쌍둥이다

Newton의 어깨 위에 섰다. (일반상대성이론)

(물리) 다른 광창하다.

→ 우리 전체에 통용되는 rule을 찾다.

종교가 무세했던 시기에

'사라'가 떨어지는 인간적 현상이라

'값'이 돌아간다는 위대한 치치적 현상이

'동일'한 것이라는 바탕. 위대한 깨달음

과학 (Science)의 초현

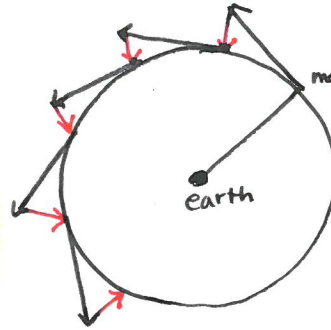
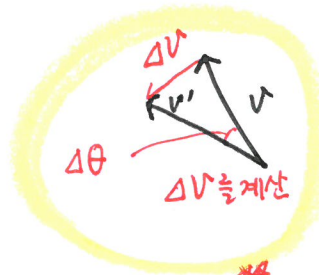
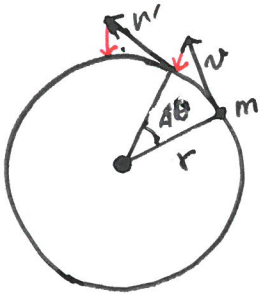
"Newton" 에게 복귀 시작됐다.

Newton 프로그래머

'달'의 매순간 2.0 mm/sec² 떨어지고 있다.

"Newton": 과학의 시작
Science

만유인력의 바깥쪽 유도 ($F=ma \rightarrow$ 만유인력바깥쪽)



계속 떨어지지만
vector가 바뀌므로
떨어지지 않는다.

"원운동"
that's all!

케플러 - 지구

지구 - 갈

지구 - 사라

원자 - 전자

Newton의 반상
 \rightarrow 자연과학의 시작

Quantum jump!

$$F_s = \frac{GM_s}{r_s^2} m$$

sun

$$F_e = \frac{GM_e}{r_e^2} m$$

earth

$$F = \frac{GMm}{r^2}$$

$\vec{F} = m\vec{a}$
이제
유도된 것

$$\Delta v = v \cdot \Delta \theta = v \cdot \Delta(\omega t) = v \omega \cdot \Delta t$$

각속도 * 시간
(상수)

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v \omega \Delta t}{\Delta t} = v \omega$$

Quantum jump!

$$= v \left(\frac{2\pi}{T} \right)$$

360도를 얼마 시간동안 이동했는가?

$$= v \left(\frac{2\pi}{\frac{2\pi r}{v}} \right) = \frac{v^2}{r}$$

일단 $\frac{v^2}{r}$ 에 작용해서
양자역학의 문은 열

$$F = m \cdot a$$

$$= \frac{m v^2}{r} = \frac{m}{r} \left(\frac{2\pi r}{T} \right)^2$$

$$= \frac{4\pi^2 m r}{T^2} = \left(\frac{4\pi^2}{T^2} \right) m$$

(케플러 3번째
정리)

$$r^3 = K T^2$$

$$= \frac{4\pi^2 m r}{\left(\frac{r^3}{K} \right)}$$

$$= \frac{(4\pi^2 K) m}{r^2}$$

(\therefore) Force가 $\frac{1}{r^2}$ 에 반비례

$$\frac{m v^2}{r} = \frac{k e^2}{r^2}$$

10²⁹ 원자들의 시간적 이동
 ~ 100 억 광년의 타겟 event

유일한 우주체계는 '4차원'이다.

수 많은 유니버스의 하나일 뿐

시간: '과거와 미래가 동시에 있다'

사실이 존재하는 것이 각각

시공간의 과거, 미래가 동시에 있음

관찰자 사건의 slicing 일뿐이다. 갖고 움직인다.

플라톤이 핵심이다.

우주는 수학에 'Ideal'이다

isotropic, 등방성이 본질이다

어느 곳이나 '동일' '동질'이다

우주선 속에서의 영상 (Youtube)

\sim 떠다니는 옥방울을

유형화하며 먹는다

우주에서 한번 떨어진 물체는

'영원'히 그대로 움직인다.

속도가 바뀌거나, 방향이

바뀌더라도 에너지가 필요

\sim 한번 움직인 물체는

영원히 초기 움직임을

관찰자 사건의 slicing 일뿐이다. 갖고 움직인다.

* '대안 우주' : '우주'로

MIT 24

WMAP 인공위성 자료 분석

평행우주론

- 북극 TV 17년 강의 내용 참고할 것
달의 평균 속도

$$\frac{a_m}{g} = \frac{\left(\frac{1}{R_m^2}\right)}{\left(\frac{1}{R_e^2}\right)}$$

$$a_m = g \left(\frac{R_e}{R_m}\right)^2 = 9.8 \left(\frac{1}{60}\right)^2 \text{ m/sec}^2 = 2.7 \text{ mm/sec}^2$$

- 케플러 3법칙 적용 전·후 결과가 동일하므로

케플러 법칙

$$F=ma$$

→ 인력의 법칙과 신의 법칙이 (사라) (잔)

동일하다는 수학적 반증의 jump

- "Dis D"

수많은 재빨름 A4로 모은다.

재빨름 밑도를 모아야 '지식'이 upgrade

알고 있는 재빨름 다시 적어보고,

모아 재빨름해서 적는다.

→ 레코딩처럼 쌓이고

· 새로움이 보인다.

- 변의 움직임 이미 결정되어 있다.

시장이 흘러가는 것이 아닌 라기타 미래가

당시에 결정한다.

결론론이지만, 재빨름 수가 무한대로

증가한다 (multi universe)

$$F=ma \quad F=\frac{GMm}{r^2}$$

$$=mg$$

$$\vec{g} = \frac{F}{m} = \frac{-GM}{r^2}$$

$$\oint \vec{g} \cdot d\vec{s} = \int \nabla \cdot \vec{g} dV$$

$$\Rightarrow \oint \frac{-GM}{r^2} \hat{r} \cdot d\vec{s} = -GM \oint \frac{\hat{r} \cdot d\vec{s}}{r^2} = -4\pi GM$$

$$= -4\pi G \int \rho dV = \int \nabla \cdot \vec{g} dV$$

$$\vec{g} = -\nabla \phi$$

$$\Rightarrow \nabla \cdot \vec{g} = -4\pi G \rho$$

$$\nabla \cdot (-\nabla \phi) = -4\pi G \rho$$

$$\nabla^2 \phi = 4\pi G \rho$$

Poisson Eq.

공간에 대해 2번 미분

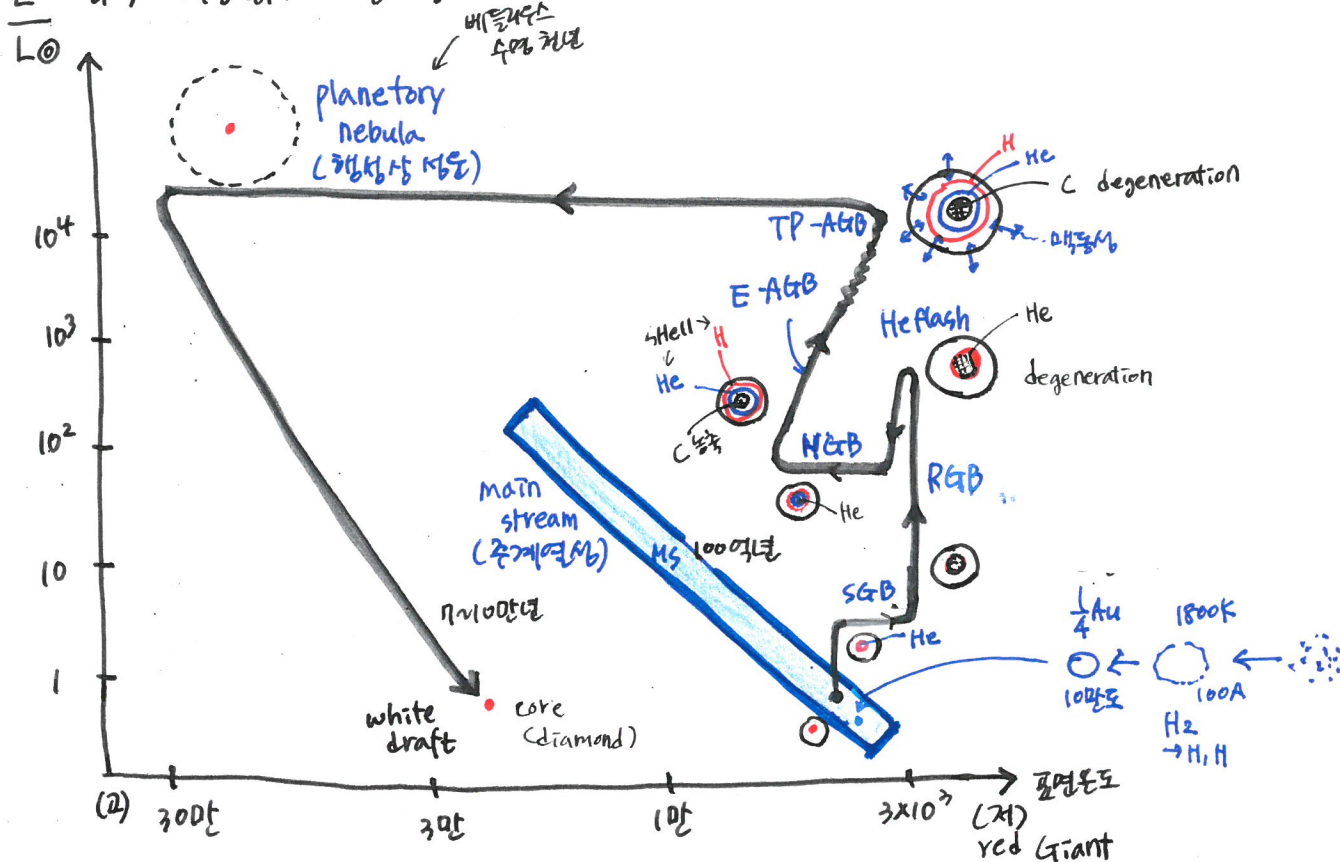
4차원 버전으로 전환

$$R^{\mu\nu} - \frac{1}{2} g^{\mu\nu} R = \frac{8\pi G}{c^4} T^{\mu\nu}$$

6.7 Poisson 방정식으로부터

중력장 방정식이 곧바로 유도됨

L (뱃기) : 태양 뱃기에 대한 비율




2천만년 동안 중력속도. 10만도

Q shell 핵융합 시작 (= 별의 시작). $\frac{1}{4} \text{ Au}$
core

① 1차 방문 = love stop

① 50억원 확보 수확상승


 core 핵응축 \times (\Rightarrow He 생김) \downarrow
 shell : 'H' 핵응축 \circ He 축적. 연 \uparrow
 He 23자득의 degeneration 표열까지 크다

→ 역전도가 순간적으로, 자극 크기가 충분히 클 때
핵융합 : He flash (3억 5천만 년)

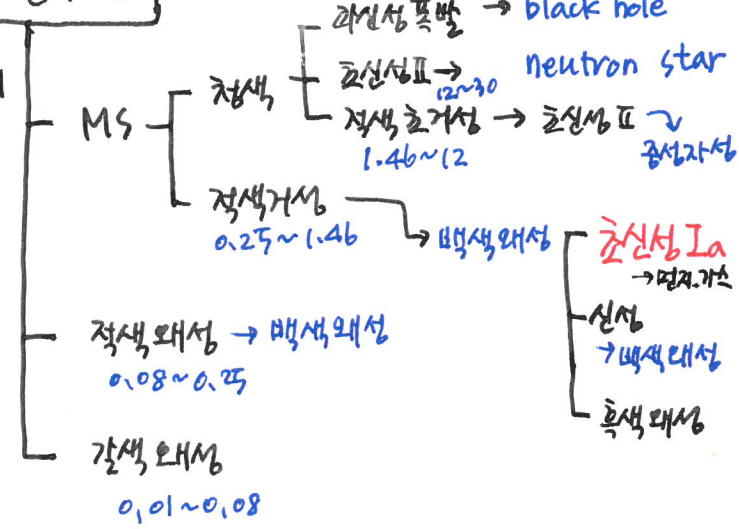
크기 ↓ shell (H) core (He) 핵분열, 장기간 동안

core (C 핵), shell (He²⁺), shell (H⁺) 각각 핵융합

core (C degeneration), shell 1 (He \rightarrow O), shell 2 (H \rightarrow O)
외곽 gas 팽창 (대폭발) CGB: sub giant

행성상 성운

원시성운



* 호신사Ia 폭발
: 우주 가속 팽창
100억 년 전 일어났음
측정 가능
→ 허블 상수 H_0 이
500km ↑

SGB: sub giant branch
 RGB: red " "
 HGB: horizontal " "
 EAGB: early asymptotic " "

TP-AGB
: thermally
- pulsing
AGB