

제 11 회 137 억년 우주의 진화 10 강 노트

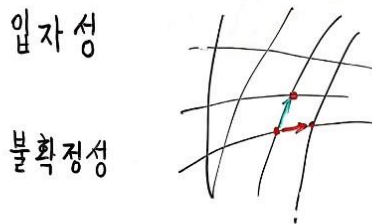
(박문호 박사님 강의를 요약 정리한 내용입니다.)

먼저 책 소개를 잠깐 하려고 한다. 카를로 로벨리의 "시간은 흐르지 않는다"라는 책이다. 카를로 로벨리는 "순간의 물리학"등을 저술하였고 중력 양자화 쪽으로 앞서가는 학자이다.

이 책의 주요 내용을 소개하면

시간은 어느 순간에 등장했다 시간이 없었던 때가 있었다.

시간 → 에너지 → 거시적 상태



관 계 성 V 기역
 흔적
 인과율

$$l = l_0 \sqrt{1 - (v/c)^2}$$

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} \quad \text{관점의 효과}$$

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} \quad \dots \quad E = mc^2$$

에너지를 미분하면 힘(Force)가 되고 에너지를 적분하면 작용(Action)이 된다.

에너지는 시간 대칭에서 왔다. 에너지보존 법칙과 운동량 보존 법칙으로 구성된 학문이 물리학이라고 했다.

에너지의 총량은 변하지 않는다. 인류가 할 수 있는 것은 에너지의 변환이다.

에너지의 상태를 다루는 것이 열역학이다.

거시적 상태는 무수히 많은 에너지 상태의 결합으로 되어 있다.

역으로 거시적 상태를 구성하는 변수 중 하나가 에너지 일 수 있다.

열이 존재하지 않으면 시간의 화살표도 존재하지 않는다. 시간이란 개념의 원 출발지가 열이라는 개념이다.

시간이란 개념은 근래에 와서 만들어 졌다. 시간은 없어도 문제가 없다. 인류는 그 동안 시간에 목매어 살았다.

그래서 시간이란 개념이 원래부터 있었고, 당연히 있어야 하는 것으로 생각하는데 위대한 착각이라는 것이다.

카를로 로벨리의 양자 중력 공식에는 시간이란 변수가 없는 공식도 있다. 시간이란 변수가 없는 세계는 관계의 세계이다.

양자역학에서 밝혀낸 중요한 3 가지 개념은 입자성, 불확정성, 관계성이다.

세계는 사물의 집합이 아니라 관계의 집합이라는 것이다. 속도는 물질의 고유한 속성이 아니다.

물질의 고유한 속성은 mass, charge, spin 뿐이다. 속도는 심각하다. 시간과 공간을 속도가 정의해 주기 때문이다. 시공과 물질이 속도라는 변수에 묶여 있다. 속도는 상대적으로 정의된다. 상대적이란 관계적이란 뜻이다. Charge 나 spin 은 고유한 속성이다.

모든 속도는 기준점이 있어야 측정할 수 있다. 절대적이지 않은 상대성이 관계성이다. 여기에서 $E=mc^2$ 이 나온다. 시간도 공간도 존재하는 것은 관계성 밖에 없다. 시간이 사라지면 관계로서 존재한다. 역동적 관계의 망이 존재한다. 관계의 망에서 관점이 출현한다. 관점이 이 책의 핵심 개념이다. 관점이 세계를 만들고, 자아를 만들고, 기억을 만든다. 공간과 시간과 질량은 오직 속도의 변수이다. 속도는 전적으로 상대적이다. 관계적 속성이다. 시간이 없어도 편안히 잘 살 수 있다. 시간 없이도 우주를 모순 없이 설명할 수 있다.

거시적 상태를 만족시키는 조건으로서 시간이 등장했다. 시간이 선형적으로 존재한 것이 아니라 거시적 상태를 존재하게끔 하는 여러 조건 중 하나로서 우리가 불러내서 등장시킨 것이다. 관점이 등장시킨 것이다. 관계는 마디 점과 마디 점 사이이다. 모든 사람의 관점이 다르다. 기억의 패턴들이 모두 다르다. 상호 작용 했던 사람들이 모두 다르다. 상호 작용했던 총 집합이 여러분의 관점을 결정해 주었고, 그것이 실체이다. 그곳에는 시간이 들어가지 않아도 된다. 관점이 기억, 흔적, 그리고 인과율을 만든다. 인과율이 인간이 떨쳐버리기 가장 어려운 것이다. 시간을 제외하면 관계망이 보이고, 시간이 없는 관계망의 연결포인트의 방향성이 관점이고, 그 관점으로서 자아가 출현한다. 나는 타인과의 관계 속에 있다. 전적으로 나를 존재하게 하는 것은 나와 맺는 사람들의 관계 속에 있는 사람들의 시선의 방향이다. 관점이 주체를 만든다. 시선의 방향이 그 사람의 세계관이다.

이것이 궁극적으로 가면 인과율을 건드린다. 인과율은 별다른 부작용이 없어 그대로 존속하는 인간 사고 형태의 잔재이다. 인류의 도덕율과 잘 맞아감으로써 계속 강화되어 왔다. “권선징악”, “열심히 하면 성공한다” 등 온갖 그럴싸한 패턴의 덩어리가 인과율인데, 입자물리학에서는 저것 누가 주문했어? 가 될 수 있다. 양자세계에서는 시간과 공간은 입자이다. 입자는 불연속이다. 불연속성과 불확정성이 매칭된다. 초청하지 않아도 등장한다. 부르지 않아도 확률적으로 등장한다. 원하지 않아도 불쑥 불쑥 등장할 수 있고 원해도 사라질 수 있다. 시간에 의해서 형성된 인과율과 기억이 관점의 효과(Effect of view point)라는 것이다. 관점의 효과에 의해 시간성이 생기고 기억이 생겼다. 나의 기억은 내가 좋아했던 관점으로 찾은 정보의 덩어리이다.

올해 화성을 공부하면서 새로운 관점을 얻었다. 화성의 표면은 30 억년 동안 바뀌지 않았고, 달 표면의 닐 암스트롱 발자국은 영원히 남을 것이다. 달 표면은 LHB(late heavy bombardment) 이후 바뀐 것 없이 그대로이다. 과거가 기억에 남는 것은 그 흔적이 사라지지 않기 때문이다.

우리는 변화 속에 사는 것을 너무나 당연하게 생각했다. 지구는 태양계 다른 행성과 비교했을 때 비 정상이다. 화성, 수성, 달의 표면이 정상적 모습이다. 정상적 모습의 핵심은 변하지 않는다는 것이다. 우리가 행성 지구에 살면서 시간이란 개념을 획득한 이유는 변화를 매일 보기 때문이다. 우리는 변화를 벗어날 수 없다. 그렇기 때문에 시간이란 개념이 너무나 당연한 행성에 존재하게 되었다. 그런 관점을 바꿀 수 있는 방법은 우리가 살아온 시간만큼 다른 행성의 표면을 보는 것이다. 우리는 그 동안 지독히 변형된 관점 속에서, 모든 것은 바뀐다는 인과와 기억 속에서 살아왔다. 달에서 사는 생명체는 항상 똑 같으므로 기억이 필요하지 않을 것이다.

그곳에서 과거와 미래가 무슨 의미가 있겠는가?

이것이 왜 천문학을 공부해야 하는가 하는 이유이다. 우리가 얼마나 착각 속에 살고 있었던가?
인과율이 어떻게 호모사피엔스에 와서 강화되었는가? 온갖 것이 인과율로 범벅 되어 있다.
우리가 질문하는 모든 것이 인과율을 묻고 있다. 그 속에서 형성된 것이 시간이란 개념이다.

그런데 그것이 우주에서 보편적인지 질문해 보아야 한다.

달 표면에서 사는 생명체는 모든 것이 변하지 않았는데 시간이란 것이 무슨 의미가 있겠는가?
지구라는 아주 특별한 행성 속에서 출현한 어떤 존재들만이 시간을 등장 시켰다.
입자물리학에 시간은 없다. 입자물리학에는 시간은 대칭이다. 아무 문제가 없다.

이것을 오래 깊이 사유하면 자유로워 질 것이다. 인과율에서 자유로워지면 그렇게 도덕적이지 않아도 된다.
양자적 세계에서는 세상은 확정되어 있지 않다 그렇다고 완전히 무작위 하지도 않다. 확률로 계산 가능하다.
경향은 있다. 확률로 계산할 뿐이지 그것이 반드시 있어야 될 어떤 당위성도 존재하지 않는 우주에 우리는
던져져 있다. 너무 그 자유가 두려워서 자유로부터 도피하고 싶어 한다.
그래서 만들어 내는 것이 인과율이고 도덕이다. 그것의 주범이 시간이다. 시간이라는 컨베어 벨트에서 움직인다.

기억과 호 불호는 관점의 효과이다. 관점이 우리를 자유롭게 할 수 있다.
관점이 우리의 기억, 의견, 도덕율, 감정이다. 모두 우리의 기억이 만들어 낸 것이다. 기억은 관점이 찾은 것이다.
관점의 마디 점들의 연결이 네트워크이다. 세계는 돌맹이들의 집합이 아니라 나와 관계했던 사람들의 네트워크이다.
그것이 전부이다. 내 기억과 셀프가 그곳에서 출현한다. 거기서 시간이란 개념이 출현한다. 시간이란 개념이
관계에서 출현한다. 원래 있었던 것이 아니므로 없어도 된다. 그래서 시간은 입자이므로 흐르지 않는다.
입자이므로 등장한다. 부르지 않았는데 등장한 것이다.

우리가 시간이 존재한다는 착각 속에 살아가는 이유는 첫째가 현재를 확장했다는 것이다.
우주 전체에 모든 사람이 동의하는 현재는 존재하지 않는다. 현재야 말로 가장 위대한 착각이다.
현재는 인간이 감각으로 터치할 수 있는 시간 영역이다. 0.1 초동안 빛이 간 거리가 확장된 현재이다.

또 하나는 잘못 적용된 개념이다.
시간이란 개념은 열이란 개념과 같이 출현했다. 열이 에너지이고 에너지와 시간은 같이 링크되어 있다.
에너지 변환의 방향성이 시간이다.

이 책을 요약하면 저자가 본 세계는 입자성, 불확정성이다.
입자성과 불확정성은 확률로서 등장한다는 의미이다. 확률일 뿐 필연은 아니다.
그 세계는 시간이 들어갈 세계가 아니다. 시간을 빼도 아무런 문제 없이 잘 돌아간다.

시간과 같이 하모니를 이루며 존재한 개념이 인과율이다. 인과율의 사회적 실체가 도덕율이다.
그것을 잘못 건드리면 화를 당한다. 윤리 기준은 시대마다 바뀐다. 윤리 기준은 "타인에게 해를 끼치지 마라"
한가지면 된다. 생명의 보편 윤리이다. 그 외 나머지는 모두 상대적이다.
인과율을 깨뜨리면 도덕, 문화 등이 모두 타켓이 된다. 과학 혁명은 궁극적으로 인간을 자유롭게 해 줄 것이다.
행성 지구 표면 에서 출현한 인지시스템을 통해 만들었던 모든 개념들이 우주에서 보편 타당한가를 묻는

게임으로 넘어 감으로 검열에 걸릴 수 있다. 가장 지독한 것이 인과율이다. 인과율은 관점에서 생성된 것이다. 관점은 바꿀 수 있다. 필연적이지 않다. 불확정성이다. 정해져 있지 않다. 연결의 네트워크가 역동적으로 vibration 할 뿐이다. 연결의 역동적 vibration 을 확률적으로 계산할 수 있다. 우리는 좀 더 자유로워져야 한다

지금까지 내가 한 모든 강의는 관계성이다. 관계성의 결정판이 방정식이다.

공부하는 방법은 추상적 사고를 구체적 예에서 구해야 한다. 구체적 예가 추상적 사고의 옷을 입은 것이 속담이다. 속담이 천 년 이상 지속되는 것은 구체성이 추상성의 옷을 입고 전달되기 때문이다.

"아니 땀 굴뚝에 연기 나랴"는 구체적이다. 모든 일에는 원인이 있고 결과가 있다는 뜻이다. 그것이 추상성이다. 추상성을 그대로 전하면 제대로 인식하지 못한다. 우리는 추상적 훈련이 약하기 때문이다.

구체성이 드러나는 것으로 추상의 세계로 나가는 것이 방정식이다.

$$U = \int_{\infty}^r \frac{GMm}{r^2} dr = \frac{GMm}{r}$$

← 힘 = 만유인력 ← 중력 위치에너지

$$\frac{GMm}{r} = \frac{1}{2}mv^2$$

$a=g$ 에너지
 9.8 m/sec^2

$$\vec{v} \cdot \vec{T} = 2\pi \vec{R} \quad T = \frac{2\pi R}{v}$$

$$\vec{a} \cdot \vec{T} = 2\pi \vec{v}$$

$$a = \frac{2\pi v}{T} = \frac{2\pi v}{\frac{2\pi R}{v}} = \frac{v^2}{R}$$

$$v_{esc} = \sqrt{\frac{2GM}{r}} = 11.2 \text{ km/sec}$$

$$v_{esc} = c = \sqrt{\frac{2GM}{r}}$$

$$r = \frac{2GM}{c^2} = \frac{(6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2)(2 \times 10^{30} \text{ kg})}{(3 \times 10^8 \text{ m/s})^2}$$

$\text{kg} \cdot \text{sec}^{-2}$

$$= 3 \text{ km} \quad \rho \approx 10^{19} \text{ kg/m}^3$$

만유인력은 힘이다. 힘을 적분하면 에너지가 나온다.

$\frac{GMm}{r^2}$ 이 만유인력이고 $\frac{GMm}{r}$ 이 중력의 위치 에너지 이다.

먼저 지구의 탈출 속도부터 계산해보자. .

$$\frac{GMm}{r} = \frac{1}{2}mv^2$$

속도에 주기를 곱하면 거리(원주)가 나온다.

$$\vec{v} \times T = 2\pi \vec{R} \quad T = \frac{2\pi R}{v}$$

$$\vec{a} \times T = 2\pi \vec{v} \quad a = \frac{2\pi v}{T} = \frac{2\pi v}{\frac{2\pi R}{v}} = \frac{v^2}{R}$$

$$v_{esc} = \sqrt{\frac{2GM}{r}} = 11.2 \text{ km/sec}$$

다음은 태양이 블랙홀이 될 때의 반지름을 구해보자

블랙홀에서는 탈출속도는 빛의 속도이다.

$$v_{esc} = c = \sqrt{\frac{2GM}{r}}, r = \frac{2GM}{c^2} = 3\text{km}$$

$$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{Nm}^2\text{kg}^{-2}, N = \text{kg/sec}^2$$

$$M = 2 \times 10^{30} \text{kg}$$

$$C = 3 \times 10^8 \text{m/s}$$

태양이 반지름 3km 로 줄어들면 블랙홀이 된다. 이때의 밀도는 $\rho \cong 10^{19} \text{kg/m}^3$ 가 된다.

(이하 방정식 설명은 동영상을 참고하시기 바랍니다.)

Handwritten equations on a piece of paper:

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

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

$$v_{orb} = \frac{1}{\sqrt{2}} v_{esc}$$

Below the last equation, it says "11.2 km/s".

$$M = \frac{r v^2}{G} = \frac{(10^{16} \text{m}) (200 \times 10^3 \text{m/s})^2}{6.67 \times 10^{-11} \text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}}$$

$$= 6 \times 10^{36} \text{kg} \rightarrow \frac{6 \times 10^{36} \text{kg}}{2 \times 10^{30} \text{kg}} = 3 \times 10^6 M_{\odot}$$

$$M_{\odot} = 2 \times 10^{30} \text{kg}$$

$$M = \frac{r v^2}{G} = \frac{(2.6 \times 10^{20} \text{m}) (2.2 \times 10^5 \text{m/s})^2}{6.67 \times 10^{-11} \text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}}$$

$$F = \frac{GMm}{r^2} = 1.9 \times 10^{41} \text{kg} \rightarrow \frac{1.9 \times 10^{41}}{2 \times 10^{30}} \approx 10^{11} M_{\odot}$$

$$G = \frac{F \cdot r^2}{M \cdot m} \quad \bar{M} = 0.15 M_{\odot}$$

$$P = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi r}{\left(\frac{GM}{r}\right)^{\frac{1}{2}}} = \frac{2\pi r^{\frac{3}{2}}}{(GM)^{\frac{1}{2}}}$$

$$= \frac{2\pi r^{\frac{3}{2}}}{(G \cdot \frac{4\pi}{3} r^3 \rho)^{\frac{1}{2}}} = \frac{3.8 \times 10^5}{\sqrt{\rho}}$$

$P \rightarrow \rho = 4 \times 10^{16} \text{kg/m}^3$
 2ms
 $4 \times 10^{13} \text{ton/m}^3$
 $4 \times 10^7 \text{ton/cm}^3$

태양의 질량: $2 \times 10^{30} \text{kg}$

태양의 공전 속도: $2.2 \times 10^5 \text{m/s}$

태양에서 은하 중심까지 거리: $2.6 \times 10^{20} \text{m}$

밀키웨이 별들의 평균 질량: $0.15 M_{\odot}$ (태양질량)

만유인력 상수(G)의 단위 $F = \frac{GMm}{r^2}$, $G = \frac{Fr^2}{Mm} = \text{Nm}^2/\text{kg}^2$

밀키웨이에 약 2000 억개의 별이 있다.

중성자 별의 자전 주기(P)= 2ms

중성자 별의 밀도(ρ)= $4 \times 10^7 \text{ton/cm}^3$ 4 천만 톤/ cm^3

관점의 효과

공부를 잘하고, 사업에 성공하고, 직장에서 승진하고, 누군가와 만나고, 사랑을 하고 이 모든 것이 관점에서 생겼다. 만유인력 법칙이나 다름 바 없다. 관계의 망이다. 입자의 세계로 가면 입자성, 불확정성, 관계성 밖에 없다. 대부분 시간이 없어도 된다. 시간을 빼버린 세계는 산산이 쪼개진 세계이다. 확률이 난무하는 입자의 세계이다. 우리는 인과로서 덩어리 져 있어야 편안하다고 착각한다. 오랫동안 믿었던 것이 없어지면 허전해서 못 산다. 믿었던 것이 없으면 불안해진다. 자유로부터의 도피이다. 도피해서 살 수가 없다.

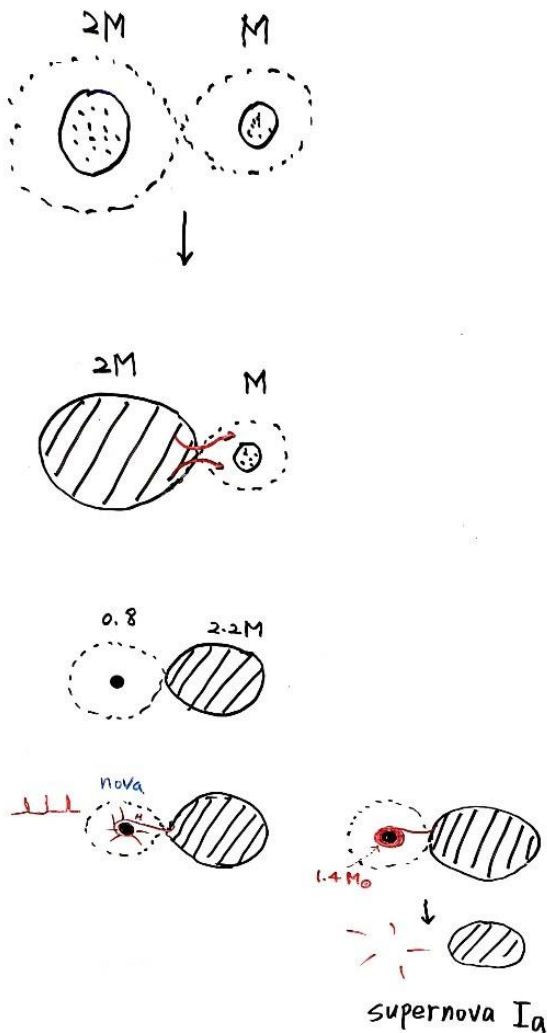
성인이 되어 개안 수술을 한 장님들 대부분이 적응하지 못했다. 우울증에 걸리거나 심지어 자살한 사람도 있었다. 익숙한 세계가 그 만큼 무섭다. 습관의 힘이다. 가장 지독한 습관의 힘이 시간이라는 개념이다. 누구도 자유로울 수 없다. 우리는 너무 당연시 한다.

초 신성 1a와 초 신성 II를 확실히 구별해야 한다. 초 신성 I a는 물질을 완벽하게 우주로 순환시킨다.

초 신성 I a의 프로세스이다.

우주의 별은 50%가 쌍성계이다. 두 개의 별이 질량 중심으로 서로 공전한다. 태양계의 경우 태양과 나머지 행성 전체가 별 하나라고 생각하면 된다. X-ray 나 gamma ray burst 처럼 천문 현상에서 유니크하고 중요한 현상들은 두 개의 별이 물질을 교환하는 과정이다. 2 개의 뉴트론 별이 서로 공전하면서 공전 주기가 미묘하게 바뀌는 것을 지상에서 측정하여 1970 년대에 노벨상을 받았다. 그리고 2 개의 블랙홀이 합쳐지는 과정도 있다.

(설명은 동영상을 참고하시기 바랍니다)



로슈 한계: 중력이 미치는 영역

$$\rho = \frac{T^3}{M^2} \rightarrow \log \rho \propto 3 \log T - 2 \log M$$

찬드라 세카르 한계 선의 기울기가 3 인 이유

$$\log \rho \propto 3 \log T$$

그래서 ρ 와 T 의 기울기가 3 이 된다.

온도가 바뀌어도 밀도가 일정한 것을 축퇴(Degeneracy)라 한다.

그런데 일정 온도(3 억도) 이상이 되면 축퇴가 깨어지면서 순간적으로 핵 융합한다. 그것을 헬륨 섬광(helium flash)라 한다. 아직까지 관찰된 적이 없다. 헬륨 flash 가 일어나면서 핵이 팽창하면 shell 이 수축한다. 이것이 에너지 보존 법칙이다. Shell 이 수축하니까 방출되는 광자의 양이 줄어들어 밝기가 1/10 로 줄어든다.

헬륨 shell 과 수소 shell 이 핵 융합하는 별을 AGB(asymptotic giant branch) 별이라 한다.
AGB 별에서 생명에 중요한 원소인 C, O, N, P, S 가 만들어 진다. 이 과정을 Slow process 라 한다.
중성자가 핵 속으로 들어오는 속도 가 베타 붕괴 속도 보다 느린 것을 S- Process 라 한다.
베타 붕괴를 하면 원소의 원자번호가 올라가게 된다.

Rapid process 는 수퍼노바 II에서 일어 난다.
중성자 유입 속도가 베타붕괴보다 빠른 process 이다. 중성자가 10^{22} 개 이상으로 들어와야 한다.
수퍼노바 II가 폭발하면 상상을 초월한 중성자가 나온다. 별의 핵이 철이 되어 붕괴하면 중성자 별이 된다.
철이 분해되어 13 개의 알파 입자와 4 개의 중성자가 나온다.

지구가 45 억년이 지나도 외 핵이 액체 상태로 유지되는 것은 지구가 뜨겁기 때문이다.
유독 지구가 왜 뜨거울까?
45 억년 전 미 행성 충돌 때 나온 에너지가 지구 전체를 녹여 마그마 바다를 만들었다. 무거운 철이 자유 낙하하여 핵이 되었다. 45 억년 동안 식고 있는 과정이다.
초기 열의 보존은 크기가 결정한다.
지금도 식고 있는 과정이다. 덩어리가 크면 천천히 식는다. 화성은 덩치가 작아 오래 전에 식어 버렸다.
 $1km^3$ 마그마가 10 도로 식는데 걸리는 시간이 100 만년이라고 한다.
지구는 45 억년이 지나도 아직 모두 식지 않았다. 충돌 에너지는 핵에 갇혀 있다. 맨틀까지 오지 않는다.

지구 부피의 80%가 맨틀이다. 맨틀에 열이 나야 판 구조론이 성립된다.
맨틀이 뜨거운 것은 방사성 붕괴 때문이다. 우라늄, 토륨, 칼륨의 방사선 붕괴로 열이 난다.
가미오카 중성미자 측정 지하 연구실에서 나온 자료가 지구 맨틀 층의 방사선 붕괴로 나오는 에너지가 20 조 와트이고 지구 전체 내부에서 내는 열량의 50%에 달한다고 한다.
미국이 1 년간 쓰는 전기량의 6 배에 해당한다. 이 때문에 대륙이 이동한다.

지구 방사성 물질의 근원은 rapid process 에서 나온다. Rapid process 는 중성자가 들어오는 속도가 베타 붕괴보다 더 빠르다. 그래서 동위원소가 생긴다. 방사성 동위원소도 출현한다. 그 시점에 수퍼노바 II가 폭발하고 우주에 뿌려진다. 수퍼노바 2가 폭발한 후 태양계가 만들어 지면서 방사선 동위 원소들이 태양계 속으로 들어 왔을 것으로 추정한다..

관점의 효과

인생관과 세계관이 바뀐다.
우리는 사물을 공고한 것으로 본다. 그러나 사물도 잠시 머무는 사건의 덩어리 일 수 있다. 사건 밖에 없다.
시간을 제거하고 나면 관계의 망만 남는다. 관계의 망 마디에 출현하는 것은 입자이다. 시간도 입자이다.
이것을 등장한다고 한다. 등장한다는 것은 우리가 볼러서 등장하는 것이 아니라 확률로 등장한다. 양자역학적 계산을 통해서 등장한다. 등장해서 다른 존재와 관계를 맺는다. 행성 지구는 관계 맺은 사람들의 집합에 의해서 지구의 기후가 바뀌고 있다. 사람과의 관계를 통해서 집단 행위가 가능해 진다.

속도는 완벽하게 관계에 의해서만 정의되는 량이다. 속도에 의해서 시간과 공간이 정의된다. 속도에 의해서 공간과 시간이 바뀐다. 이것이 특수상대성 이론이다. 속도에 의해서 공간이 변형되고 시간이 바뀐다. 그것이

관계이다. 속도는 완벽하게 관계의 산물이다. 속도는 기준점이 있어야 한다. 다른 것과 비교되지 않는 속도는 뉘 센스이다. 그래서 시간과 공간 속에 사는 우리는 전적으로 관계적 존재이다.

그리고 관계에서 에너지가 나온다. 에너지가 시간과의 관계를 정의한다.

거시적 상태가 출현했는데, 거시적 상태를 설명하는 것이 인과율이다. 인과론은 확률론과 충돌한다.

우리가 존재하는 것은 전적으로 우연의 사건이다. 그 동안 종교, 철학, 죽음을 보는 관점을 근본적으로 바꾸어 놓는다.

양자역학에서 시간은 불연속이다. 시간이 없는 세계도 충분히 가능하다. 시간은 언젠가 우리의 인지시스템을 통해 등장한 것이다. 기억과 흔적과 인과율은 전적으로 관점이 만들어낸 허상이다.

과학이 놀라운 데까지 와 있다. 우리가 보는 인과율, 기억 등 모든 실체가 어떻게 출현했는가 이런 문제가 과학의 frontier 라인에 와 있다.

2 교시

단열지수가 4/3 보다 작으면 붕괴한다.

열역학 제 1 법칙에서 온도가 나온다. T 가 온도이고 S 가 엔트로피이다. 온도는 엔트로피에 의해서 정의된다.

내부에너지(U)는 열량(Q)에서 일(W)을 차감하면 된다.

$$U = Q - W$$

$$du = Tds - pdv + \mu dN$$

단열 $dQ=0$ $V \propto \frac{1}{\rho}$

$$du + pdv = 0 \quad dv + p d\left(\frac{1}{\rho}\right) = 0$$

$$u = \phi \frac{p}{\rho} \quad \phi \frac{1}{\rho} dp + \phi p d\left(\frac{1}{\rho}\right) + p d\left(\frac{1}{\rho}\right) = 0$$

$$\left(\phi + 1\right) d\left(\frac{1}{\rho}\right) = -\phi \frac{1}{\rho} dp \quad \left(\frac{\phi+1}{\phi}\right) \ln\left(\frac{1}{\rho}\right) = -\ln p$$

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

$$\left(\frac{\phi+1}{\phi}\right) = \frac{-\ln p}{\ln\left(\frac{1}{\rho}\right)} \equiv \gamma$$

$$\left(\frac{\phi+1}{\phi}\right) \int \frac{d\left(\frac{1}{\rho}\right)}{\left(\frac{1}{\rho}\right)} = - \int \frac{dp}{p}$$

$$\ln p = \gamma \ln \rho = \ln \rho^{\gamma} \quad \text{단열지수}$$

$$p = k \rho^{\gamma} \quad \gamma < \frac{4}{3}$$

열이 출입하지 않는 단열과정에서 $dQ=0$ 이다. 부피는 밀도에 반비례한다.

내부에너지(u)는 압력에 비례하고 밀도에 반비례한다고 둘 수 있다.

그리고 dU 를 구한다.

시간은 그냥 등장했다.

거시적 과정을 설명하는 과정에 에너지 변환 법칙이 나왔고, 에너지 변환법칙에서 시간성을 불러왔다.

물리에서 수식은 관계성이다. 우리가 푸는 모든 방정식은 변수들의 관계식이다.

상대론적 축퇴 영역은 r 값이 $4/3$, 전자축퇴 영역의 r 값은 $5/3$ 이다.

태양질량 0.01~0.08 배 사이에 있는 갈색왜성은 듀트론(중수소)핵융합을 한다. 효율이 떨어져 시각하자 말자 정지된다. 갈색왜성이 내는 빛의 주 에너지는 중력수축에서 나온다.

핵 철도, 열차도 동적척도가 있다.

그것이 태양 전체 질량의 10%이다. 태양의 핵 시간 척도는 100 억년이 나온다.

질량이 태양의 100 배인 별은 태양보다 100,000 배 밝다. 그런 별은 1000 만년 밖에 살지 못한다. 밝은 별의 수명이 짧다.

Wolf-Rayet star 는 태양 밝기의 100 만배이다. 이 별의 수명은 100 만년이다.

만들어 지는데 2000 만년 걸리는데 만들어지자마자 사라진다.

두 번째는 열 시간 척도 이다.

비열리 정리는 중력으로 모여 진 에너지의 1/2 은 열로 나오고 나머지는 빛으로 나온다는 이론이다.

태양의 열 시간 척도는 2000 만년이다.

마지막으로 동역학적 척도 시간이다.

태양의 경우는 1000 년이 나온다.

케플러 법칙을 알아야 한다.

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{G(m_1 + m_2)} a^3$$



태양의 경우 동역학적 시간 척도가 1000 년이 나온다.

항성이 만들어 질 때 물질이 자유낙하 하는데 걸리는 시간이 동역학적 척도 시간 t_d 이다.

별에서 복사에너지가 표면까지 나오는데 걸리는 시간이 t_t 이다.

별의 수명을 따지는데 3 가지 다른 척도가 있다. 90% 이상의 시간은 핵 시간 척도이다.

1900 년 이후 양자역학이 나오면서부터 별이 핵 융합하며 100 억년 살게 된다는 것을 알게 되었다. 인류의 지적 혁명이다.

$E=MC^2$ 을 알기 전까지 과학자들은 태양을 포함한 별들이 중력에 의해 빛을 낼 것이라고 생각했다.

중력 수축 만으로 지금 태양 밝기의 빛을 낸다면 1000 만년 밖에 지속될 수 없음을 알았다.

지구상에 1000 만년보다 오래된 생명체 화석들이 있는데 모순이 일어난 것이다. 그러나 그 모순을 아무도 해결하지 못했다. $E=MC^2$ 이 나오면서 해결되었다. 지금은 우리가 이 모든 것이 밝혀진 세상에 사니까 아무런 신비를 느끼지 못한다.

달이나 화성 표면을 보면 우리가 누리는 이 과학적 지식이 참으로 기적 같은 놀라운 지식이라는 것을 느끼게 된다. 지구 탈출 속도가 11.2km/sec 라는 것을 만유 인력이 나오기 전에는 감히 어느 누가 상상조차 할 수 있었겠는가. 그것을 놀라와 해야 한다.

만유인력은 질량과 질량 사이의 관계에서 나왔다. 관점의 효과는 인간관계뿐만 아니라 존재하는 모든 곳에 영향을 미친다.

과학지식이 늘어 나는 과정은 인식의 지평이 열리기 전에는 모른다.

그 동안 몰랐던 죽음, 영혼의 문제들이 조만간 과학의 영역으로 들어올 것이다.

전적으로 관점을 바꾸어야 한다. 죽음과 영혼에 대한 현재와 같은 관점을 인류는 5 천년 동안 갖고 있었다. 그러나 전 인류에게 통용되는 관점은 없었다.

관점이 크게 바뀌는 영역이 있다. 외계행성이다.

현재 우주에 나가 있는 4 개의 인공위성을 이해해야 한다.

Hubble, 찬드라세카르, Kepler, Spitzer 이 4 가지 인공위성을 친구 이름처럼 익숙해 져야 한다.

관점이 변해야 한다. 친구 이름처럼 많이 불러야 관점이 바뀐다.

Kepler 인공위성

2009, 53 만개 항성, 5000 개 이상
항성 후보
2662 개

1995, 1 개 외계 행성 : 51 Peg b

질량 $\frac{1}{2}$ 목성 gas

0.05 Au

0.4 Au

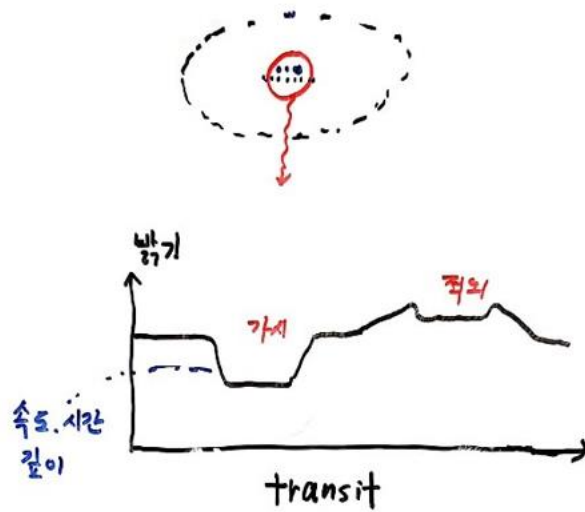
Hot Jupiter

Giant earth 7 배

radial velocity



시선 속도 측정. 도플러



위성이 항성을 지나갈 때 항성의 빛을 가린다.

금성이 태양을 지나갈 때 빛을 가리는 것을 최초로 관측한 사람이 마젤란이다. 마젤란은 천문학자였다. 마젤란 세계일주의 공식 미션이 금성이 태양을 가리는 것을 측정하는 것이었다. 목성이 식을 하면 태양 빛의 1%를 가린다. 행성이 모 항성의 빛을 가리는 현상을 transit 이라고 하고 이 현상을 이용하여 외계행성을 찾는 것을 transit exoplanet survey 라 한다.

Kepler project 는 NASA 로부터 17 년 동안 4 번의 거절을 거친 후 채택되어 빛을 본 Project 이다.

인류가 외계행성을 처음으로 발견한 해가 1995 년이다. 페가수스 자리에서 51Peg b 를 발견하였다.

이때는 시선 속도법(radial velocity)을 통해 발견하였다. 행성을 발견한다는 것이 무척 어려웠다.

그러나 2009 년 kepler 인공위성 발사 후 상황이 달라졌다.

백조자리 부근에서 530,000 여개의 항성을 관측하여 5000 여개의 행성 후보 군을 선발하였고 그 중 2662 개를 행성으로 확정하였다.

밀키웨이에 있는 2000 억개 별 중에 행성을 가진 별을 500 억개 정도로 추산 했을 때 행성의 숫자는 5000 억개 정도로 예상되고 생물이 존재할 수 있는 행성은 5 억개 정도로 추정하고 있다. 최근의 연구 결과는 밀키웨이에 별의 숫자보다 행성이 더 많은 것으로 보고 있다. Kepler 위성 이후 TESS 가 2018 년부터 활동하고 있다.

인식의 전환이 필요하다.

별 하나의 영향권 속에 목성 크기의 별이 3 개 이상 존재하면 산란현상이 일어난다. 그러면 위성 하나는 항성과 가까운 궤도에 편입되고 하나는 궤도가 항성에서 멀어진다. 나머지 하나는 항성의 궤도를 벗어나 떠돌이 행성이 된다. 밀키웨이에 이런 떠돌이 별이 4000 억개가 된다고 한다. 10 년 내로 천문. 우주학에서 AI 혁명 같은 현상이 일어나리라고 본다.

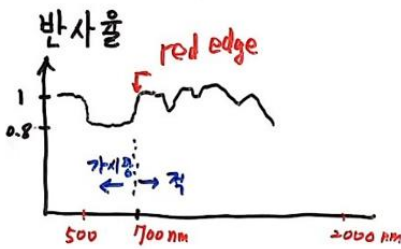
1995 년까지 행성은 거의 없다고 생각했던 것과 2018 년에 행성 3 천여개를 확인 했다는 것은 완전히 다른 상황이다.

이주 가능한 행성이 5 억개가 있다 해도 우리는 갈 수 없다. 가는데 천 년이 더 걸린다.
 아직까지는 지구를 제외한 우주 어느 곳에서도 생명현상을 발견하지 못했다.
 그러나 엄청난 숫자의 행성을 발견한다면 다를 수도 있다.

Biomarker

대기중 O_2 분자

$O_2 \rightarrow$ 산화



$C, H, O \rightarrow CO_2 + H_2O$ 광합성

태양 \rightarrow

자외 : 10

가시 : 40

적외 : 50

\rightarrow 1m 미만

1m V
 녹 \rightarrow 적색
 홍
 갈
 파랑

그러면 직접 갈 수는 없지만 생명이 있다는 현상을 어떻게 확인할 수 있을까?

우주의 어느 행성이든 원소 분포는 동일하다고 본다. 생명이 어느 행성에 있어도 C, H, N, O, P 로 구성될 것이다.
 대량의 생명체가 존재하기 위해서는 광합성을 해야 한다

물은 생명의 바이오 마크는 아니다. 물은 생명의 필요조건이지만 충분조건은 아니다. 별이 만들어질 때 물도 만들어 진다. 물은 일반적이다. 엄밀히 말해서 생명에 필요한 물은 액체 상태의 물이다.
 진공 상태에서 물은 고체나 기체이다. 액체가 아니다.

대기 중 산소가 일정량이 유지가 되면 바이오 마크가 될 수 있다. 산소는 암석 등과 쉽게 결합하여 사라진다.
 대기 중 일정량의 산소가 있기 위해서는 계속 산소를 만들어 주는 무엇인가가 있어야 한다. 그것이 생명 현상이다. 광합성의 부산물로 산소가 나오기 때문에 광합성을 계속해 주어야 한다.

red edge 가 발견되면 그 행성에는 대규모의 생명현상이 있다고 본다.

지구 표면에서는 생명이 없는 곳을 찾는 일이 더 어렵다.

생명은 그물망이다. 혼자 존재하는 생명은 없다. 거대한 망으로 존재한다. 광합성을 한다면 지구적 규모에서 대기 조성이 달라진다. 지구 상의 식물은 광합성을 할 때 가시광선만 사용한다. 적외선을 사용하지 않는다.

태양 빛은 적외선 50%, 가시광선 40%, 자외선 10% 이다. 적외선은 바다 속 1m 이상 들어가지 못한다.

생명은 확률적으로 바다 속에서 출현한다. 가시광선이 가장 깊은 곳까지 들어간다. 파란색은 250m 까지이고 붉은 색은 1m 이내이다. 녹조류인 파래는 붉은색 가시광선을 이용하므로 녹색으로 보이고, 수심 1m 이내에 산다.

갈조류는 파란색을 흡수하므로 보색인 갈색으로 보인다. 파란색은 파장이 짧으므로 더 깊이 들어간다.

외계행성에서도 광합성을 한다면 가시광선을 사용할 것이고 반사광을 조사하면 그 흡수한 양만큼 가시광선이

줄어들 것이다. 그 비율이 20% 정도이다. 지구에 대하여 실험한 결과 20% 정도 가시광선이 사라진 결과가 나왔다. 행성에서 나온 반사광을 분석하여 700nm 부근에서 red edge 만 관측하면 된다.

지상에서도 관측하기 위한 망원경을 준비 중이다.

지상에서 준비 중인 망원경이 3 가지 있다.

GMT : 25m

TMT : 30m Hubble 2.4m

ELT : 39m JWST 6.5m
2023

GMT(Giant Magellan Telescope): 칠레 안데스 산에 건설중인 직경 25m 망원경.

우리나라 천문우주연구원에서도 투자했다.

TMT(Thirty Meter Telescope): 하와이 마우나 키아 산에 설치 중인 직경 30m 망원경,

현재 운영 중인 가장 큰 망원경의 직경이 8m 이다.

ELT(Extremely Large Telescope): 칠레 아타카마 사막에 설치 예정, 직경 39m

이 망원경들의 주 대상이 외계행성(exoplanet)이다.

앞으로 10 년내로 AI 혁명에 버금가는 일이 이 분야에서 일어날 것이다.

인류가 지금까지 만나지 못했던 죽음과 사후, 영혼, 외계 생명의 문제가 점점 과학의 영역으로 들어오고 있다. 죽음의 문제를 지금까지 철학과 종교의 문제로 보았다. 이제는 죽음의 문제가 실리콘밸리를 중심으로 공학의 문제로 바뀌고 있다. 페니실린 발명과 대체 장기, 줄기세포의 발달 등으로 생명의 문제가 공학의 문제로 바뀌지고 있다.

죽음이나 극한 고통에 처했을 때 종교가 하던 역할이 이제는 병원으로 넘어 갔다. 50 년 전에는 자신의 집에서 맞던 임종을 이제는 90% 이상의 사람이 병원에서 맞고 있다. 그곳은 종교인이 들어가는 자리가 아니다. 영역과 역할이 재 조정되고 있다. 죽음이 공학적 문제로 바뀌었다.

그 동안 죽음에 대한 관점이 잘못되었을 수 있다.

그 동안 감히 생각해 보지 못한 인과율을 다시 볼 필요가 있다. 인과율이 넌 센스 일 수도 있다는 것이다.

인과율이 넌 센스라면 인류는 자유를 얻을 수 있겠지만 감당하기 쉽지 않을 것이다.

그 때는 어떤 것도 설명이 필요 없는 세상이 될 수 있다.

사피엔스의 저자 유발 할라리는 어찌하든 인류는 종말을 맞이할 거라고 했다.

의술의 발달로 1% 정도 죽지 않는 인간이 나온다면, 죽음이 없는 인간은 의미를 상실하게 될 것이다.

죽음은 피할 수 없다는 것을 전제로 종교와 철학과 문화가 출현하였다.

영원히 산다고 생각하면 절박한 것이 없어진다. 완전히 다른 존재가 된다.

우리는 완벽히 무의미한 상태가 될 것이다. 살려고 몸부림치지 않고, 의미가 구성되지 않는 인간을 과연 인간이라고 해야 하는가 하는 문제가 발생한다. 아니라는 것이다.

우리의 언어가 의미를 바탕으로 형성되었고, 우리의 문화가 언어로서 형성되었기 때문에 우리는 의미를 벗어날 수 없는 존재이다. 호모사피엔스는 의미 그 자체이다. 의미를 벗어난 존재는 호모사피엔스가 아니다.

그래서 유발 할라리는 어떤 경우에도 우리 종은 멸종한다는 것이다.

1995 년도에 와서야 행성 하나를 발견했던 시대에서, 지금은 행성이 별의 숫자보다 많을 것이라고 생각하고 있다. 그러면 확률적으로 생명이 있고 인간이 이주할 수 있는 행성이 수 억 개 나온다.

유기체인 우리는 관성을 빨리 벗어나기가 어렵다. 우리 주변의 대부분은 관점에서 만들어진 것들이다.

자아도 내가 만든 것이 아니고 타인의 시선에서 만들어진 것이다. 타인의 시선들이 모여져서 나라는 자아가 출현했다. 언어도 관계의 맥락을 벗어나면 넌 센스이다. 관계를 벗어나면 모든 것이 넌 센스인 세계가 호모사피엔스 문화의 핵심이다.

9 월 중순에 제 11 회 특별한 뇌 과학이 8 회 예정으로 진행된다.

올해 주제는 의식을 중심으로 진행할 예정이다.

수고하셨습니다.