

01. 우주의 시작과 원소의 생성

1. 우주론(Cosmology)

: 우주의 기원과 진화, 그리고 운명에 이르기까지의 우주 전반에 대해 연구하는 학문

(1) 정적 우주론

① 뉴턴의 우주론

- 만유인력 법칙 → 질량을 가진 물체는 서로 끌어당기고 있음
 - 우주의 모든 물질은 하나의 덩어리가 되어야 함
 - 하나의 덩어리가 되지 않기 위해서는 서로 힘의 평형을 유지해야 함
 - 우주가 끝이 있다면, 우주의 가장자리는 힘의 평형을 할 수 없음
 - 우주는 끝이 없으면, 절대 불변함
- 특징 : 무한 우주, 정적 우주

② 아인슈타인의 우주론

- 상대성 원리 → 모든 우주는 중력에 의해 공간이 닫히게 되어 있음
 - 빛은 닫힌 공간을 따라 언젠가는 다시 돌아오게 되어 있음
 - 우주의 모든 물질은 하나의 덩어리가 되며, 유한한 우주가 됨
 - 하나의 덩어리가 되지 않기 위해서는 인력 이외에 새로운 척력이 필요함
 - ‘우주 척력’ 도입
- 특징 : 유한 우주, 정적 우주

③ 폐기 : 허블이 우주 팽창의 증거를 관측

(2) 허블의 우주 팽창

① 우주 팽창

- 우주 팽창의 증거 : 모든 은하에서 적색편이가 나타남
- 허블의 법칙 : 외부은하의 후퇴속도(v)는 거리(r)에 비례

$$v = H \cdot r \quad (H : \text{허블 상수, } 50 \sim 100 \text{ km/s/Mpc})$$

② 우주 팽창의 의미

- 아인슈타인의 정적 우주가 동적 모델로 바뀜
- 팽창 은하의 중심이 없음
- 우주 팽창 속도는 은하 사이의 중력의 방해로 점점 감속되어지고 있음
- 빅뱅 이론의 형성 근거

(3) 빅뱅 우주론과 정상 우주론¹⁾

① 빅뱅(big-bang) 우주론

- 대폭발(big bang)로 인해 팽창우주가 되었다는 우주론
- 태초의 우주는 높은 온도와 밀도 상태

② 정상(steady-state) 우주론

- 태초나 지금이나 우주의 모습이 거의 같은 상태
- 대폭발이 아닌 하나씩 연속적으로 생겨났다는 우주론
 - ⇒ 연속창생(Continuous Creation) 우주론

③ 빅뱅우주론의 결정적 증거

- 우주의 물질 중 약 3/4가 수소이며, 1/4이 헬륨임
- 3K 우주배경복사의 발견

1) 빅뱅우주론과 정상우주론을 BB우주론(Big Bang), CC우주론(Continuous Creation)이라고도 함

- 동일한 원소의 흡수선과 방출선은 같은 위치에 나타남
- 같은 종류의 원소는 흡수선과 방출선의 위치가 같음

※ 프라운호퍼선 : 태양의 흡수스펙트럼 \Rightarrow 태양의 대기가 여러 가지 원소로 구성됨을 확인

(3) 우주 배경 복사

- ① 우주배경복사 : 빅뱅 이후 우주가 팽창하면서 낮아진 온도에 대한 복사에너지
 - ② 우주배경복사
 - 가모프 : 우주의 온도가 3000K일 때 빛과 물질이 분리되면서 생성
 \rightarrow 우주가 팽창하면서 파장이 길어져 약 3K의 배경복사를 예측
 - 펜지어스와 윌슨 : 약 2.7K의 배경 복사를 관측
 - 우주의 모든 방향에서 거의 같은 세기로 관측 (우주 배경 복사의 등방성)
- [※ 실제로는 평균에서 수십만분의 1정도의 차이가 있으며, 이런 차이가 초기 우주의 상태를 아는 방법이며 은하 등을 형성하는데 중요한 역할을 함]

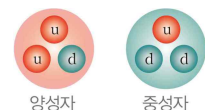
3. 우주의 생성과 초기 원소의 생성

(1) 물질의 구성하는 입자

- ① 기본입자 : 분해될 수 없는 가장 작은 입자 예) 쿼크, 전자
 - 쿼크 : 강력과 약력에 모두 관여하는 입자
- 6가지의 종류(up, down, charm, strange, top, bottom)가 있음

Original three quark			More quark		
이름	기호	전하량	이름	기호	전하량
Up	u	$+\frac{2}{3}e$	Charm	c	$+\frac{2}{3}e$
Down	d	$-\frac{1}{3}e$	Bottom	b	$-\frac{1}{3}e$
Strange	s	$-\frac{1}{3}e$	Top	t	$+\frac{2}{3}e$

- 렙톤 : 약력에 관여하는 입자로 6가지의 종류가 있으며, 그 중 하나에 전자가 있음
전자의 전하량은 $-e$ 를 가지고 있음
- ② 하드론 : 3개의 쿼크로 이루어진 입자
 - 양성자 : uud. up 쿼크 2개 + down 쿼크 1개 ($+e$ 의 전하)
 - 중성자 : udd. up 쿼크 1개 + down 쿼크 2개(전기적으로 중성)
- ③ 원자핵 : 양성자와 중성자로 이루어진 입자
 - 양성자의 수만큼 전하를 가짐 (양성자가 Z 개이면, 전하는 $+Ze$ 임)
 - 수소원자핵 : 양성자 1개로 된 원자핵
- ④ 원자 : 원자핵과 전자로 이루어진 입자
 - 양성자와 전자의 수가 같아 전기적으로 중성

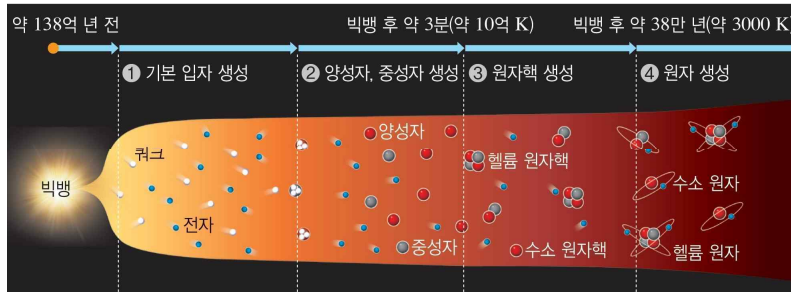


(2) 우주의 생성

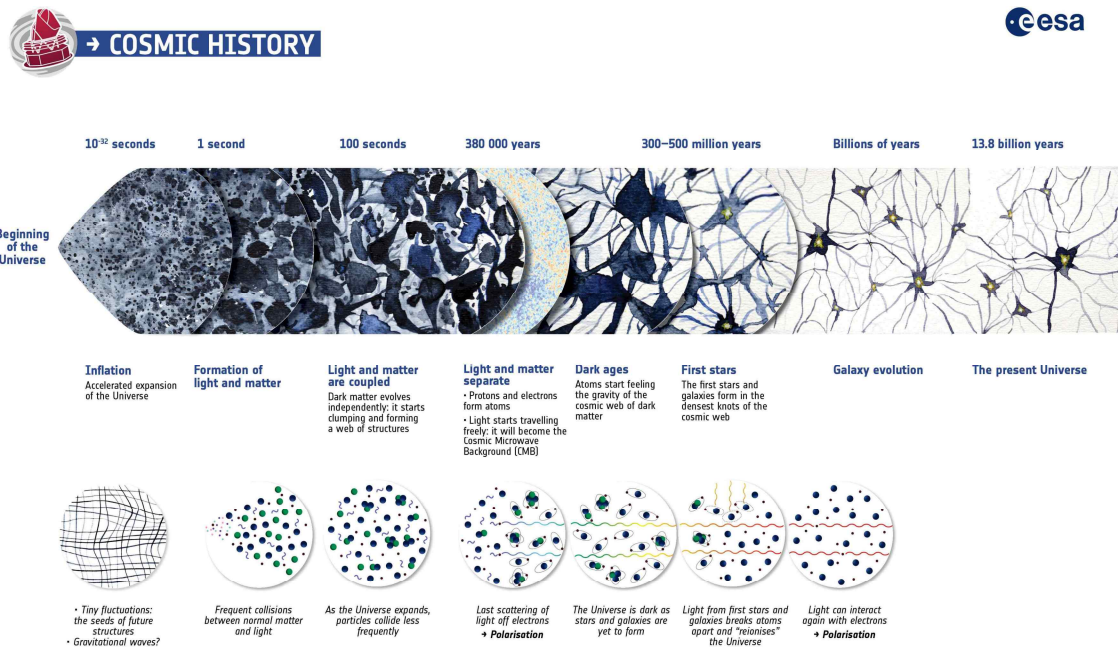
- ① 빅뱅 : 약 138억년 전 초고온, 초고밀도의 한점에서 대폭발
- ② 기본입자 생성 : 빅뱅 후 10^{-35} 초 후, 온도는 1000조K
- ③ 양성자, 중성자 생성 : 빅뱅 후 10^{-6} 초 후, 온도는 100억K
 - 중성자와 양성자의 비는 1 : 1에서 7 : 1로 변화
- ④ 헬륨 원자핵의 생성 : 빅뱅 후 3분 후, 온도는 10억K
- ⑤ 원자의 생성 : 빅뱅 후 38만년 후, 온도는 3000K
 - 전자가 원자핵에 붙잡히면서 물질과 빛이 분리 \Rightarrow 우주배경복사
 - 전자의 방해가 없어져서 빛은 직진하고 우주는 투명해짐

⑥ 우주의 진화와 다양한 원소의 생성

- 별 내부에서의 핵융합 반응을 통해 다른 원소 생성
⇒ 이때 만들어지는 가장 무거운 원소는 철(Fe)임
- 초신성 폭발 : 철보다 무거운 원소의 생성



[참고] ESA에서 만든 우주의 역사 이미지



※ NASA와 ESA

- ① NASA(National Aeronautics and Space Administration) : 1958년에 창설된 미국의 우주 개발에 대한 모든 일을 맡고 있는 국가 기관
- ② ESA(European Space Agency) : 유럽이 독자적인 우주개발을 촉진하기 위해 1975년 5월에 설립한 유럽 우주 기구로, 파리에 본부가 있으며, 가맹국은 독일, 벨기에, 프랑스, 덴마크, 네덜란드, 이탈리아, 영국, 스위스, 스페인, 스웨덴, 아일랜드, 노르웨이, 오스트리아 13개국이며 준가맹국인 핀란드, 협력참가국인 캐나다가 있음.