

**핵심 정리****(1) 케플러 법칙과 만유인력의 법칙**

1) 케플러 법칙

- ① 케플러 제 1법칙(타원 궤도 법칙) : 행성은 태양을 한 초점으로 하는 타원 궤도를 따라 운동한다.
- ② 케플러 제 2법칙(면적 속도 일정의 법칙) : 행성이 타원 궤도를 돌면서 일정한 시간 동안 태양과 잇는 선이 쓸고 간 부채꼴의 면적은 항상 같다.
- ③ 케플러 제 3법칙(조화 법칙) : 행성의 공전 주기(T)의 제곱은 행성 궤도의 긴 반지름(a)의 세제곱에 비례한다.

$$T^2 \propto a^3$$

2) 만유인력의 법칙

- 만유인력의 크기 : 물체의 질량 곱에 비례하고, 물체 사이 거리의 제곱에 반비례한다.

$$F = G \frac{Mm}{r^2} \quad (G: \text{만유인력 상수}, M, m: \text{두 물체의 질량}, r: \text{두 물체 사이의 거리})$$

3) 만유인력의 법칙과 케플러 법칙

- ① 등속 원운동 : 반지름이 일정한 원둘레를 일정한 속력으로 회전하는 운동
- 구심력(F) : 원운동 시키는 데 필요한 힘(방향: 원의 중심 방향)

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

② 만유인력의 법칙과 케플러 법칙

- 질량 M인 태양과 질량 m인 행성 사이에 작용하는 만유인력이 구심력의 역할을 한다.

$$F = G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r} \quad (m: \text{행성의 질량}, r: \text{태양에서 행성까지의 거리})$$

(2) 아인슈타인의 상대성 이론

1) 특수 상대성 이론

① 가설

- i) 모든 관성 좌표계에서 물리 법칙은 동일하게 성립한다.
- ii) 모든 관성 좌표계에서 보았을 때, 진공 중에서 진행하는 빛의 속도는 관찰자나 광원의 속도에 관계없이 일정하다.

② 특수 상대성 이론에서 나타나는 현상

- i) 두 사건의 동시성 : 한 기준계에서 동시에 일어난 두 사건은 다른 기준계에서 볼 때 동시에 일어난 것이 아닐 수 있다.
- ii) 시간 팽창 : 정지한 관찰자가 운동하는 관찰자를 보면 상대편의 시간이 느리게 가는 것으로 관찰된다.

$$\Delta t = \Delta t_{\text{고유}} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

- iii) 길이 수축 : 움직이는 관찰자가 측정하는 두 물체 사이의 거리는 정지한 관찰자가 측정하는 거리보다 짧다. 즉, 움직이는 물체의 길이는 줄어든다.

$$L = L_{\text{고유}} \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}$$

- iv) 질량-에너지 동등성 : 광속에 가까운 속도로 날아가는 물체의 질량은 커지며, 질량으로 에너지로 바꿀 수 있어 결국 에너지는 질량과 같다. $\rightarrow E = mc^2$

Check Check !

Check 1. 행성의 공전 주기와 행성 궤도의 긴 반지름의 관계를 쓰시오

Check 2. 만유 인력의 크기를 구하는 식을 쓰시오

Check 3. 만유인력은 물체의 질량이 _____수越多, 물체 사이의 거리가 _____수越多 더 크다.

Check 4. 특수 상대성 이론의 가설 2가지를 쓰시오.

Check 5. 특수 상대성 이론에서 나타나는 현상을 쓰시오.

[정답]

1. 행성의 공전 주기(T)의 제곱은 행성 궤도의 긴 반지름(a)의 세제곱에 비례한다.

2. $F = G \frac{Mm}{r^2}$

3. 클, 가까울

4. 모든 관성 좌표계에서 물리 법칙은 동일하게 성립된다, 모든 관성 좌표계에서 보았을 때, 진공 중에서 진행하는 빛의 속도는 관찰자나 광원의 속도에 관계없이 일정하다.

5. 두 사건의 동시성, 시간 팽창, 길이 수축, 질량-에너지 동등성

2) 일반 상대성 이론

① 일반 상대성 이론의 기본 원리

i) 등가 원리 : 가속 좌표계에서 나타나는 관성력은 중력과 구별되지 않는다.

ii) 중력에 의한 공간의 휨 : 중력을 힘으로 간주하지 않고 공간의 굽어짐으로 보아 질량이 큰 천체 주위에서 공간이 휘어져 있다고 생각한다.

iii) 중력에 의한 시간 팽창 : 중력에 의해 시간의 흐름이 느려지므로, 중력이 강한 곳일수록 시간의 흐름이 느려진다.

② 일반 상대성 이론의 증거

i) 수성의 세차운동

ii) 빛의 굽어짐

iii) 중력과

iv) 블랙홀

(3) 우주와 기본 입자

1) 대폭발 우주론

① 팽창하는 우주

i) 적색 편이 현상, 은하의 후퇴

ii) 허블 법칙 : 멀리 떨어져 있는 은하일수록 적색 편이가 크므로 후퇴 속도가 빠르다.

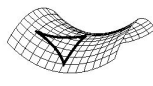
$$v = H_0 r \quad (H_0: \text{허블상수})$$

② 대폭발 우주론

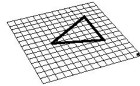
i) 프리드만의 우주 : 우주의 밀도에 따라 닫힌 우주, 평평한 우주, 열린 우주의 3가지 모형 제시



닫힌 우주



열린 우주



평평한 우주

ii) 대폭발 우주론 : 우주의 팽창이 시작된 순간 우주의 모든 질량과 에너지가 한 점에 모여 엄청나게 높은 밀도의 에너지로 있었다가 이것이 급격히 폭발하여 팽창하였다는 이론

2) 기본 입자와 상호작용

① 물질을 이루는 입자

i) 원자 : 물질은 원자로 구성되어 있으며, 원자는 원자핵과 전자로 구성

ii) 원자핵 : 양성자와 중성자로 구성

iii) 양성자와 중성자 : 각각 세 개의 쿼크로 구성

② 표준 모형

i) 표준 모형 : 렙톤과 쿼크에 작용하는 약력, 강력, 전자기력 이론을 설명하는 이론

ii) 기본 입자 : 더 이상 쪼개지지 않는 입자로, 6종류의 쿼크, 6종류의 렙톤으로 이루어진다.

- 쿼크 : 무거운 입자로 양성자와 중성자를 구성

- 렙톤 : 가벼운 입자로 전자, 뮤온, 타우 입자의 세 종류가 있고 각각의 중성미자가 있다.

- 입자와 반입자 : 반입자는 입자와 질량 등 모든 것이 같고 전자의 부호가 반대인 입자

Check 1. 일반 상대성 이론의 기본 원리를 쓰시오.

Check 2. 일반 상대성 이론의 증거를 쓰시오.

Check 3. 관측자로부터 멀어지고 있는 빛의 파장은 길어지고 진동수는 감소하여 스펙트럼의 분포가 전체적으로 쏠리게 되는 현상을 무엇이라고 하는가?

Check 4. 프리드만이 제시한 우주의 모형은?

Check 5. 양성자와 중성자를 구성하는 무거운 입자를 무엇이라고 하는가?

[정답]

1. 등가 원리, 중력에 의한 공간의 휨, 중력에 의한 시간 팽창
2. 수성의 세차운동, 빛의 굽어짐, 중력파, 블랙홀
3. 적색 편이 현상
4. 닫힌 우주, 평평한 우주, 열린 우주
5. 쿼크