

## Primer 통합과학 1

---

지은이                      안 호 원  
[an-howon@naver.com](mailto:an-howon@naver.com)

문제·해설 검토자              서 윤 영

문서 디자인              38  
[38espresso@gmail.com](mailto:38espresso@gmail.com)

제작 검토                      Prime  
[www.contentsprime.com](http://www.contentsprime.com)

표지 디자인              마고

---

# 목 차

---

## Chapter 1. 과학의 기초 (1)

### *Theme 1*

시간과 공간 08 p

### *Theme 2*

기본량과 단위 19 p

---

## Chapter 2. 과학의 기초 (2)

### *Theme 3*

측정과 측정 표준 29 p

### *Theme 4*

신호와 정보 38 p

---

# 목 차

---

## Chapter 3. 물질과 규칙성 (1)

### *Theme 5*

우주 초기에 생성된 원소 46 p

### *Theme 6*

별의 진화와 원소의 생성 66 p

---

## Chapter 4. 물질과 규칙성 (2)

### *Theme 7*

원소의 주기성 82 p

### *Theme 8*

화학 결합과 물질의 성질 96 p

---

# 목 차

---

## Chapter 5. 물질과 규칙성 (3)

### *Theme 9*

지각과 생명체를 구성하는 물질 112 p

### *Theme 10*

물질의 전기적 성질 127 p

---

## Chapter 6. 지구 시스템

### *Theme 11*

지구 시스템의 구성요소 138 p

### *Theme 12*

지구 시스템의 상호작용 153 p

### *Theme 13*

지권의 변화와 판 구조론 164 p

---

# 목 차

---

## Chapter 7. 역학 시스템

### *Theme 14*

중력을 받는 물체의 운동 184 p

### *Theme 15*

역학 시스템과 안전 199 p

---

## Chapter 8. 생명 시스템

### *Theme 16*

생명 시스템과 화학 반응 (1) 213 p

### *Theme 17*

생명 시스템과 화학 반응 (2) 229 p

### *Theme 18*

생명 시스템에서 정보의 흐름 240 p

---

# 목 차

- - - - -

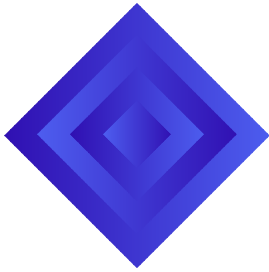
정답과 해설 254 p

- - - - -

# *Primer*

## 통합과학 I

### Chapter 1. 과학의 기초 (1)



## Theme 01 : 시간과 공간

과학을 하기 위해서는 자연에서 일어나는 다양한 현상 및 물체들을 관찰할 필요가 있습니다. 그런데, 측정 대상이 되는 현상이나 물체들의 규모는 매우 큰 차이가 있을 수 있으므로 측정 방법 또한 달라져야 합니다.

**과학의 기초 = 자연 세계의 규모를 고려한 관찰**

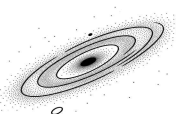
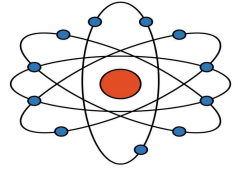
여기서 말하는 규모는 자연 현상을 설명하는 데 필요한 시간과 공간의 범위를 의미합니다. 크게 시간 규모와 공간 규모로 나눌 수 있습니다.

### 시간 규모

안드로메다은하의 수명처럼 100억 년에 달하는 긴 시간부터, 세슘 원자가 한 번 진동하는  $\frac{1}{9,192,631,770}$  초의 찰나까지 광범위하다.

### 공간 규모

미시 세계의 물질인 원자나 분자에서부터 22만 광년(약 67kpc)에 달하는 안드로메다은하의 지름에 이르기까지 광범위하다.

| 시간 규모 | 나이<br>100억 년                                                                        | 평균 수명<br>80년                                                                        | 1회 진동<br>$\frac{1}{9,192,631,770}$ 초                                                  |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 자연 현상 | 안드로메다 은하                                                                            | 사람                                                                                  | 세슘                                                                                    |
|       |  |  |  |
| 공간 규모 | 지름<br>22만 광년<br>(약 67 kpc)                                                          | 키<br>약 1~2m(미터)                                                                     | 원자 반지름<br>260 pm(피코미터)                                                                |

### 미시 세계와 거시 세계

자연 세계는 크게 미시 세계와 거시 세계로 구분할 수 있습니다.

미시 세계는 사람의 눈으로 직접 볼 수 없는 아주 작은 세계이며, 세포, 분자, 원자 등이 그 예입니다. 이 세계를 관찰하려면 현미경과 같은 특수한 장비가 필요하며, 특히 원자나 분자 수준에서는 우리가 일상에서 경험하는 것과는 다른 방식으로 물질의 구조와 운동을 설명해야 합니다.

반면, 거시 세계는 우리가 일상적으로 경험하는 크기에서부터 행성, 별, 은하와 같은 우주적인 규모에 이르는 세계입니다. 이 세계에서 일어나는 물체의 운동은 뉴턴 역학으로 설명할 수 있으며, 멀리 떨어진 천체는 망원경을 통해 관측합니다.

과학은 이처럼 규모가 크게 다른 두 세계를 함께 탐구하며, 자연에 대한 이해를 깊이 있게 확장해 왔습니다.

## 2. 규모에 따른 측정 방법의 비교

시간과 길이를 측정할 때에는 대상의 규모에 따라 측정 방법을 달리해야 합니다. 예를 들어, 우주처럼 큰 규모의 거리를 측정하려면 연주시차나 별의 밝기와 같은 관측 정보를 정확하게 측정하여 거리를 계산해야 합니다.

반면, 세포, 분자, 원자처럼 매우 작은 미시 세계를 관찰하려면 현미경의 도움이 필수적입니다. 세포 수준에서는 광학 현미경을 사용하며, 분자나 원자처럼 더 작은 대상은 전자 현미경을 사용해야 관찰할 수 있습니다.

이처럼 과학자들은 시간과 공간의 다양한 규모를 정밀하게 측정하기 위해 끊임 없이 노력해 왔으며, 이러한 노력은 인간의 사고 범위를 더욱 넓히는 데 크게 이바지해 왔습니다.

### 연주시차란?

연주시차는 지구가 태양 주위를 공전함에 따라 나타나는 별의 겉보기 위치 변화를 이용한 값입니다. 지구가 태양을 사이에 두고 공전 궤도의 반대쪽에 놓이는 6개월 간격으로 같은 별을 관측하면, 아주 멀리 있는 배경 별은 위치가 거의 변하지 않는 데 비해 가까운 별은 위치가 조금 달라져 보입니다. 이때 나타나는 위치 변화 각도의 절반을 연주시차라고 합니다.

연주시차를 알면 삼각법을 이용하여 별까지의 거리를 계산할 수 있습니다. 연주시차가 1"(초)인 별까지의 거리를 1 pc(파섹)으로 정하며, 별까지의 거리(pc)는 연주시차(")에 반비례합니다. 즉, 연주시차가 작을수록 지구에서 별까지의 거리는 더 멉니다.

### 어떻게 별의 밝기를 통해 거리를 알 수 있을까?

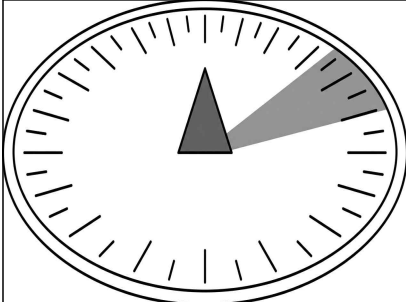
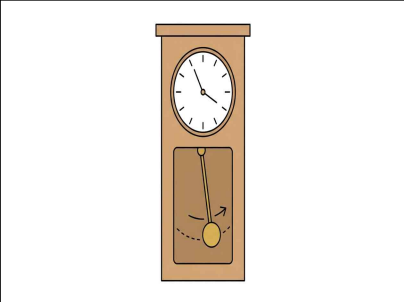
우리 눈에 보이는 별의 밝기, 즉 겉보기 밝기는 거리의 제곱에 반비례합니다. 이는 별에서 나오는 빛이 모든 방향으로 퍼져 나가기 때문입니다. 거리가 멀어질수록 같은 양의 빛이 더 넓은 면적에 퍼지게 되는데, 이 면적은 거리의 제곱에 비례합니다. 따라서 같은 별이라도 멀리 있을수록 어둡게 보입니다.

한편 별을 모두 같은 거리(10 pc)에 두었다고 가정했을 때의 밝기를 절대 밝기라고 하며, 절대 밝기는 별이 실제로 내는 빛의 양에 따라 정해지므로 거리에 관계없이 일정합니다. 따라서 어떤 별의 절대 밝기를 알아내고 겉보기 밝기를 측정하여 둘을 비교하면, 그 별이 기준 거리보다 얼마나 멀리 있는지를 계산할 수 있습니다.

### 3. 시간과 길이 측정, 그리고 과학의 발전

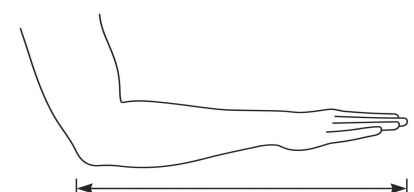
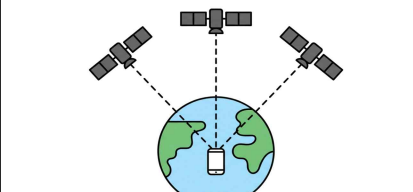
#### ① 시간 측정의 발전

- 우리나라에서는 15세기에 해와 달 같은 천체 현상의 주기성을 앙부일구(해시계)로 측정하거나, 흐르는 물의 규칙성을 자격루(물시계)로 측정하여 시간을 측정하였습니다.
- 17세기에는 진자의 주기적인 운동을 통해 더욱 정확한 시간 측정이 가능해졌습니다.
- 현대에는 세슘 원자가 흡수하거나 방출하는 전자기파(빛)가 9,192,631,770번 진동하는 데 걸리는 시간을 1초로 정하여 시간을 측정합니다. 이 원리를 이용한 원자시계는 수천만 년에 1초 정도의 오차만 생길 만큼 정밀합니다.

| 천체 현상을 통한 시간 측정                                                                    | 진자의 움직임을 통한 시간 측정                                                                   |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |

## ② 길이 측정의 발전

- 고대부터 중세까지 사람들은 주로 몸의 일부를 기준으로 길이를 측정했습니다. 손가락의 폭을 기준으로 한 디지트(digit)와 인치(inch), 걸음의 폭을 기준으로 한 페이스(pace), 팔꿈치에서 가운데손가락 끝까지의 길이를 기준으로 한 큐빗(cubit) 등이 그 예입니다. 이러한 단위는 사람마다 기준이 달라 정확한 측정이 어려웠습니다.
- 18세기 말에 미터법이 도입되면서 누구나 같은 기준으로 길이를 측정할 수 있게 되었고, 정밀한 자와 같은 도구를 통해 이전보다 훨씬 엄밀한 측정이 가능해졌습니다.
- 현대에는 레이저 거리 측정기로 레이저 빛이 진행한 시간을 측정하여 거리를 계산하거나, 위성 위치 확인 시스템(GPS)을 이용하여 정밀한 위치를 측정할 수 있게 되었습니다. 또한 전자 현미경을 이용하면 원자나 분자 수준의 매우 작은 길이도 측정할 수 있습니다. 오늘날 1 m는 빛이 진공에서 1/299,792,458초 동안 진행한 거리로 정해져 있는데, 이처럼 정확한 거리 측정은 정확한 시간 측정을 바탕으로 이루어집니다.

| 큐빗(Cubit)                                                                           | 위성 위치 확인 시스템(GPS)                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |

이처럼 과거부터 현대에 이르기까지 과학자들은 시간과 공간의 다양한 규모를 정확히 측정하기 위해 끊임없이 노력해 왔으며, 이러한 노력은 인류가 미시 세계부터 거시 세계에 이르기까지 다양한 자연 현상을 이해하는 기반이 되었습니다.

**마지막으로 아래 체크리스트를 통해 단원 학습 내용을 확인해봅시다.**

- ✓ 규모의 의미를 알고, 과학에서 시간과 공간의 규모를 고려하여 관찰하는 것의 중요성을 안다. ( ○ / △ / × )
- ✓ 규모에 따른 측정 방법을 비교할 수 있다. ( ○ / △ / × )
- ✓ 시간과 길이 측정의 발전 과정을 설명할 수 있다. ( ○ / △ / × )
- ✓ 측정 규모의 확장과 과학의 발전이 어떻게 함께 이루어졌는지 이해할 수 있다. ( ○ / △ / × )

## Theme 01 : 빈칸 채우기 문제

1. 자연 현상을 설명하는 데 필요한 시간과 공간의 범위를 (        )라고 한다.
2. 규모는 크게 (     ) 규모와 (     ) 규모로 나눌 수 있다.
3. 자연 세계는 크게 (        ) 세계와 (        ) 세계로 구분된다.
4. 세포는 (     ) 현미경으로 관찰하며, 이보다 작은 분자나 원자는 (     ) 현미경으로 관찰한다.
5. 과거에는 해, 달 등 천체의 (     )인 현상을 이용하여 시간을 측정했다.
6. 현대에는 (     ) 원자에서 흡수 또는 방출하는 빛의 진동수를 이용한 원자 시계를 사용한다.
7. 지구가 태양 주위를 공전함에 따라 나타나는 별의 겉보기 위치 변화 각도의 (     )을 (     )라고 한다.
8. 연주시차가 작을수록 지구에서 별까지의 거리는 더 (     ).
9. 별의 (     ) 밝기는 거리의 제곱에 (     )한다.
10. 레이저 빛을 이용한 길이 측정 장치는 물체에 빛을 쏘아 반사되어 돌아오는 데 걸리는 (     )와/과 빛의 (     )을/를 이용하여 길이를 알아낸다.

정답: 1. 규모 2. 시간, 공간 3. 미시, 거시 4. 광학, 전자 5. 주기적 6. 세습

7. 절반, 연주시차 8. 멀다 9. 겉보기, 반비례 10. 시간, 속력

## Theme 01 : 실전 적용 문제

### 01

다음은 자연 세계를 설명하는 시간과 공간에 대해 학생 A, B, C가

대화한 내용이다.



제시한 내용이 옳은 학생만을 있는대로 고른 것은?

- ① A
- ② C
- ③ A, B
- ④ B, C
- ⑤ A, B, C

## Theme 01 : 실전 적용 문제

### 02

다음은 자연 세계의 공간 범위에 대한 설명이다.

- 세포, 분자, 원자와 같은 ㉠을 관찰하려면 현미경의 도움이 필수적이다.
- 우주와 같은 ㉡의 거리를 측정하기 위해서는 연주시차나 별의 밝기와 같은 관측 정보를 정확히 측정하여 계산할 수 있다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- ㄱ. ㉠은 미시 세계, ㉡은 거시 세계이다.
- ㄴ. 공간 범위의 규모는 ㉠이 ㉡보다 작다.
- ㄷ. 식물세포와 안드로메다 은하의 지름을 측정할 때는 다른 측정 방법을 이용해야 한다.

- ① ㄴ
- ② ㄷ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

## Theme 01 : 실전 적용 문제

### 03

시간 측정의 발전 과정에 대한 설명으로 옳지 않은 것만을

<보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- ㄱ. 17세기에는 진자의 주기적인 운동을 이용한 시계가 만들어졌다.
- ㄴ. 현대에는 세슘 원자에서 나오는 소리의 진동수를 이용한 원자시계를 사용한다.
- ㄷ. 앙부일구와 같은 해시계는 17세기에 처음 제작되어 천체 현상의 주기성을 이용해 시각을 측정하였다.

- ① ㄱ
- ② ㄷ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

## Theme 01 : 실전 적용 문제

---

### 04

길이와 시간의 측정에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

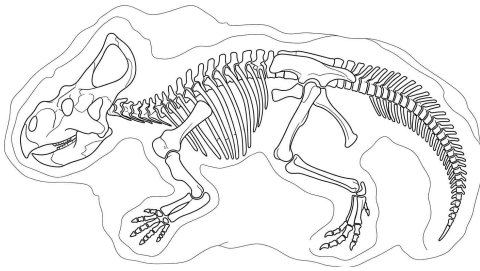
- ① 물시계는 일정하게 흘러내리는 물의 양을 이용하여 시간을 측정한다.
- ② 광학 현미경으로 관찰할 수 없는 미시 세계의 구조를 전자 현미경으로 관찰할 수 있다.
- ③ 위성 위치 확인 시스템(GPS)은 위성에서 보낸 전파의 세기를 측정하여 위성과 수신기 사이의 거리를 구한다.
- ④ 초음파가 물체에 반사되어 되돌아오는 데 걸린 시간을 이용하면 물체까지의 거리를 구할 수 있다.
- ⑤ 원자시계와 같이 시간을 정밀하게 측정하는 장치가 개발되면서 빛을 이용한 거리 측정의 정확도도 높아졌다.

## Theme 01 : 실전 적용 문제

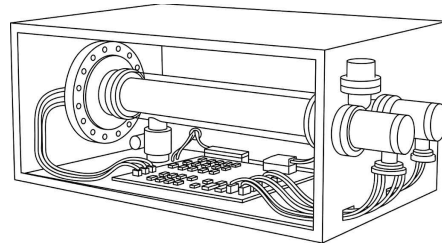
### 05

그림 (가)는 공룡의 화석 연대 측정을, 그림 (나)는 원자시계를

나타낸 것이다.



(가)

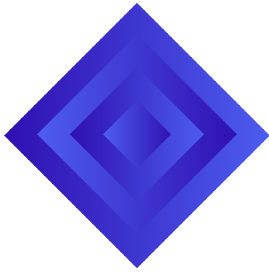


(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 있는 대로 고른 것은?

- ㄱ. (나)는 (가)보다 긴 시간 규모를 측정하는 데 이용된다.
- ㄴ. (가)의 연대를 측정하는 방법으로 매우 짧은 시간도 정확하게 잴 수 있다.
- ㄷ. (가)와 (나)는 모두 일정한 비율로 반복되거나 진행되는 현상을 기준으로 삼아 시간을 측정한다.

- ① ㄱ
- ② ㄷ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ



## Theme 02 : 기본량과 단위

### 1. 기본량과 유도량

우리가 통합과학에서 학습할 물리량에는 기본량과 유도량이 있습니다. 기본량은 말 그대로 가장 기본이 되는 물리량으로, 다른 물리량을 활용하여 표현할 수 없는 고유한 물리량입니다.

기본량의 종류에는 시간, 길이, 질량, 온도, 광도, 전류, 물질량으로 총 7개가 있습니다. 이러한 기본량들을 조합하여 유도해 낸 물리량을 유도량이라고 합니다. 예를 들어, 속력은 이동한 거리(길이)를 걸린 시간으로 나눈 값이므로 두 기본량을 결합해 만든 유도량입니다. 물체에 작용하는 힘 또한 질량(kg)과 가속도( $m/s^2$ )를 곱한 값으로 나타내는 유도량입니다.

### 2. 기본량의 단위

기본량을 구분하기 위해서는 각 기본량마다 고유한 단위를 사용하여 표현해야 합니다. 그 단위는 국제도량형총회에서 정한 국제단위(SI)를 사용하여 나타냅니다. 아래의 기본량과 단위를 암기해봅시다.

| 기본량 | 시간   | 길이    | 질량           | 온도    | 광도      | 전류     | 물질량    |
|-----|------|-------|--------------|-------|---------|--------|--------|
| 단위  | s(초) | m(미터) | kg<br>(킬로그램) | K(켈빈) | cd(칸델라) | A(암페어) | mol(몰) |

매우 크거나 작은 값을 나타낼 때는 위의 기본량 단위에 의미를 더해 주는 접두어를 사용합니다. 예를 들어, m(미터) 외에도 cm(센티미터), km(킬로미터)처럼 단위 앞에 접두어를 붙여 사용합니다. 이를 통해 우리는 100,000 m를 100 km로 간단히 표기할 수 있습니다. 아래 단위의 접두어를 암기해 봅시다.

| 접두어 | p<br>(피코)  | n<br>(나노) | $\mu$<br>(마이크로) | m<br>(밀리) | c<br>(센티) | d<br>(데시) | da<br>(데카) | h<br>(헥토) | k<br>(킬로) | M<br>(메가) | G<br>(기가) | T<br>(테라) |
|-----|------------|-----------|-----------------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 의미  | $10^{-12}$ | $10^{-9}$ | $10^{-6}$       | $10^{-3}$ | $10^{-2}$ | $10^{-1}$ | 10         | $10^2$    | $10^3$    | $10^6$    | $10^9$    | $10^{12}$ |

### 3. 기본량의 이용

그렇다면 우리는 이러한 기본량을 어떻게 이용할 수 있을까요? 일상생활에서 사용하는 부피, 속력, 농도, 배터리 용량, 미세 먼지 농도 등 수많은 단위는 기본량의 단위를 조합하여 만듭니다.

예를 들어, 부피( $\text{m}^3$ )는 가로 길이( $\text{m}$ )·세로 길이( $\text{m}$ )·높이( $\text{m}$ )를 곱하여 유도합니다. 이로써 부피는 물체가 공간에서 차지하는 크기임을 나타냅니다. 속력( $\text{m/s}$ )은 이동한 거리( $\text{m}$ )를 걸린 시간( $\text{s}$ )으로 나누어 유도하며, 이는 단위 시간 동안 물체가 이동한 거리를 의미합니다.

농도 중에서는 질량 퍼센트 농도가 자주 사용됩니다. 질량 퍼센트 농도(%)는 전체 용액의 질량에 대한 용질의 질량 비율에 100을 곱해 나타냅니다. 100을 곱하는 이유는 퍼센트가 백분율을 의미하기 때문입니다. 추가로, 단위 부피에 들어 있는 용질의 질량을 나타내는 질량 농도는  $\text{kg/m}^3$ 와 같은 단위로 표현합니다.

이러한 단위들은 과학 기술의 발전에 따라 의미가 더 명확해지고 타당하게 수정되기도 하며, 새로운 물리량이 발견되면 이를 표현하기 위한 단위가 추가되기도 합니다. 예를 들어, 19세기에 발전기와 전기 조명이 발명된 이후 전류를 정확히 나타낼 필요가 커졌고, 그 결과 20세기 중반에 전류가 기본량으로 추가되어 암페어(A)라는 단위를 사용하게 되었습니다.

#### 단위가 없는 물리량이 존재할까?

질량 퍼센트 농도는 [용질의 질량 / 용액의 질량]의 과정을 통해 구합니다. 이때 나누는 두 값의 단위가 모두 질량의 단위이므로 서로 약분되어, 이 값에는 단위가 남지 않습니다. 질량 퍼센트 농도를 표시할 때는 이 값에 100을 곱한 다음, 다시 %를 붙여 나타냅니다. 여기서 %는 1/100을 의미하므로, 100을 곱하고 %를 붙이는 것은 원래의 값을 그대로 나타내는 것과 같습니다. 이처럼 같은 종류의 물리량끼리 나누어 얻은 값은 단위를 갖지 않습니다.

---

*마지막으로 아래 체크리스트를 통해 단원 학습 내용을 확인해봅시다.*

- ✓ 기본량과 유도량의 의미를 알고 구분하여 사용할 수 있다. ( ○ / △ / × )
- ✓ 기본량의 단위와 단위의 접두어에 대해 설명할 수 있다. ( ○ / △ / × )
- ✓ 기본량을 이용하여 유도량을 유도해낼 수 있다. ( ○ / △ / × )

## Theme 02 : 빈칸 채우기 문제

1. 과학에서는 기본량 중 ( )의 단위로 s를 사용한다.
2. kg, g, mg은 ( )의 단위이다.
3. 광도의 단위는 ( )이다.
4. 국제도량형총회에서 정한 표준화된 단위 체계를 ( )라고 한다.
5. 다른 물리량을 활용해 표현할 수 없는 가장 기본이 되는 고유한 물리량을 ( )이라 하고, 이를 조합해 유도하는 물리량을 ( )이라 한다.
6. 부피는 기본량 중 ( )의 개념을 이용해 설명할 수 있다.
7. 속력은 기본량 중 ( )와/과 ( )을/를 조합하여 나타낸다.
8. 전기 조명 등의 발명으로 전류를 정확히 나타낼 필요가 커지면서 20세기 중반에 기본량으로 추가된 물리량의 단위는 ( )이다.
9. 질량 농도의 단위는 ( )이다.
3.  $10^{-3}$ 을 의미하는 단위의 접두어는 ( ),  $10^{-6}$ 을 의미하는 단위의 접두어는 ( )이다.

정답: 1. 시간 2. 질량 3. 칸델라(cd) 4. 국제단위계(SI) 5. 기본량, 유도량 6. 길이  
7. 길이, 시간 8. 암페어(A) 9.  $\text{kg/m}^3$  10. 밀리(m), 마이크로( $\mu$ )

## Theme 02 : 실전 적용 문제

06

다음은 기본량에 대해 학생 A, B, C가 대화한 내용이다.



제시한 내용이 옳은 학생만을 있는대로 고른 것은?

- ① A
- ② C
- ③ A, B
- ④ B, C
- ⑤ A, B, C

## Theme 02 : 실전 적용 문제

### 07

다음은 과학의 물리량 X에 대한 설명이다.

- 단위 시간동안 물체가 이동한 거리를 나타내는 물리량이다.
- m/s, km/h 등의 단위로 나타낸다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- ㄱ. X는 속력이다.
- ㄴ. X는 기본량에 해당한다.
- ㄷ. 같은 크기의 X를 km/h로 나타낸 값은 m/s로 나타낸 값의 3.6배이다.

- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

## Theme 02 : 실전 적용 문제

### 08

다음과 같은 자연의 기본량을 측정하려 한다. (가)와 (나)에서

측정하려는 기본량의 표준화된 단위를 옳게 짝지은 것은?

(가) 수산화나트륨 수용액의 온도 측정  
(나) 산소 원자의 지름 측정

|   | (가) | (나) |
|---|-----|-----|
| ① | %   | ms  |
| ② | K   | m   |
| ③ | K   | ms  |
| ④ | m   | s   |
| ⑤ | %   | m   |

## Theme 02 : 실전 적용 문제

### 09

다음은 현대 사회에서 제공하는 대기 환경 정보에 대한 자료이다.

| 구분                 | 정보                         |
|--------------------|----------------------------|
| 미세 먼지(PM-10)       | $30\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
| 초미세 먼지(PM-2.5)     | $8\mu\text{g}/\text{m}^3$  |
| 오존( $\text{O}_3$ ) | 0.025ppm                   |

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

- ㄱ. 미세 먼지와 오존의 농도는 단위가 같다.  
ㄴ. 자연에서 얻은 신호를 측정·분석하여 디지털 정보로 나타낸 것이다.  
ㄷ. 이 대기 5  $\text{m}^3$ 에 들어 있는 미세 먼지와 초미세 먼지의 질량의 합은 190  $\mu\text{g}$ 이다.

- ① ㄱ  
② ㄷ  
③ ㄱ, ㄴ  
④ ㄴ, ㄷ  
⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

## Theme 02 : 실전 적용 문제

# 10

표는 자동차 실험 결과 보고서의 일부를 나타낸 것이다.

| 구분           | (가)  | (나)  |
|--------------|------|------|
| 자동차 연비(km/L) | 24.3 | 27.6 |
| 차내 습도(%)     | 49   | 49   |
| 최대 속도(m/s)   | 60.3 | 55.2 |

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

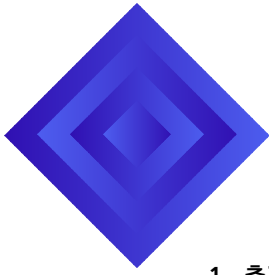
- ㄱ. 최대 속력은 유도량이다.
- ㄴ. (가)에 비해 (나)의 자동차 연비가 높은 것은 차내 습도와 관련이 있다.
- ㄷ. (나)의 자동차가 최대 속력으로 1분 동안 이동한 거리는 3.5 km보다 크다.

- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

# *Primer*

## 통합과학 I

### Chapter 2. 과학의 기초 (2)



## Theme 03 : 측정과 측정 표준

### 1. 측정

만약 우리가 차가운 물에 손을 몇 분간 담고 있다가 미지근한 물에 손을 담그면, 그 물을 따뜻하다고 느낄 것입니다. 이처럼 우리의 감각 기관을 통해 물체와 현상을 관찰하는 것은 주위 환경과 관찰자의 상황 및 컨디션에 영향을 받습니다.

과학 탐구에서는 이처럼 부정확한 관찰이 결과의 신뢰성을 떨어뜨리므로, 감각 기관을 통한 관찰에는 한계가 있다고 봅니다. 과학에서의 측정이란 '미지의 양을 미리 정의한 기준과 비교하여 그 값을 결정하는 과정'입니다.

쉽게 말하면, 어떤 대상이 가진 물리량을 이전에 정해진 기준과 비교해 단위를 붙여 나타내는 과정입니다. 앞서 1장 시간과 공간에서도 설명했듯이, 측정 목적에 따라 측정 도구와 범위를 다르게 설정합니다. 그러면 당연히 측정에 사용하는 단위도 달라지게 됩니다. 예를 들어, 용액의 양이 조금만 달라져도 결과에 큰 차이가 생기는 실험에서는, mL 단위의 눈금 피펫 대신 마이크로리터( $\mu\text{L}$ ) 단위의 마이크로피펫을 사용합니다.

#### 양을 측정할 때

=> 적절한 측정 단위와 측정 도구를 사용해야 한다.

측정하는 양이 측정 도구의 눈금과 정확하게 일치하지 않는 경우

=> 최소 눈금의 1/10까지 어렵하여 읽는다.

### 2. 어림

만약 측정 대상에 맞는 측정 도구가 없더라도, 정확한 측정이나 계산 없이 이용할 수 있는 정보만으로 물리량의 크기를 가늠할 수 있다면 어림을 사용할 수 있습니다.

이를 위해서는 해당 측정과 관련된 경험이 필요하며, 적절한 도구와 단위로 정확히 측정한 경험이 많을수록 어림값 또한 더욱 정확해집니다.

---

측정 도구가 있는 경우에도 어림을 사용합니다. 측정 도구에는 최소 눈금이 있어 측정하려는 값이 눈금과 정확히 일치하지 않는 경우가 많기 때문입니다. 예를 들어, 자나 눈금실린더로 측정할 때는 최소 눈금의 1/10까지 눈금 사이의 값을 어림하여 읽습니다. 이렇게 어림하여 읽은 마지막 자릿수는 관찰자에 따라 달라질 수 있으므로, 측정값에는 항상 어느 정도의 불확실성이 포함됩니다.

이처럼 어림은 측정에 필요한 측정 도구와 측정 방법을 결정하는 데 도움을 주어 효율적인 측정 계획과 수행을 돕습니다. 또한 미리 어림한 값과 실제 측정값을 견주어 보면, 측정이 제대로 이루어졌는지 판단할 수 있습니다.

### 3. 측정 표준

측정 표준이란, 물리량의 정확하고 일관된 측정을 위해 만든 과학적 기준입니다. 그 종류로는 측정 단위, 측정 방법, 측정 도구, 표준물질이 있습니다.

#### ① 측정 단위에 대한 예시

국제단위계(SI)에서 시간의 기본 단위인 초는 세슘 원자가 흡수하거나 방출하는 빛의 진동수를 기준으로 정의합니다. 즉, 이 빛이 9,192,631,770번 진동하는 데 걸리는 시간을 1초로 정합니다. 길이의 기본 단위인 미터는 빛이 진공에서 1/299,792,458초 동안 이동한 거리를 기준으로 정의합니다.

이처럼 초와 미터는 자연 현상에 기반한 매우 정확하고 일관된 기준으로 정의되어 있어, 전 세계에서 동일하게 사용할 수 있는 측정 단위를 제공합니다.

#### ② 표준물질에 대한 예시

표준물질은 성분과 특성이 정확히 알려진 물질입니다. 측정의 정확도를 높이기 위해 사용되며, 실험이나 분석에서 기준 역할을 합니다. 예를 들어, 혈액 검사에서는 성분의 농도가 명확히 알려진 표준 혈청이 검사 기기의 정확성을 검증하는 데 사용됩니다. 또한, 금속의 순도 검사에서는 고순도 금속 시료가 표준물질로 활용됩니다. 이처럼 표준물질 덕분에 다양한 실험과 측정에서 신뢰할 수 있는 결과를 얻을 수 있습니다.

### ③ 미터원기가 측정 표준이 되지 못한 까닭

측정 표준은 모든 측정의 기준이 되므로, 다른 조건에 따라 변하지 않는 값으로 정의되어야 합니다. 그 때문에 온도, 압력 등 주변 환경에 따라 달라지는 기준으로 측정 표준을 설정하면 여러 문제점이 발생합니다.

대표적으로, 미터원기는 과거 미터를 정의하기 위해 만든 국제 표준 실물 자로, 백금과 이리듐의 합금으로 만들어진 막대였습니다. 하지만 이 원기는 손상이나 변형, 온도 변화 등에 의해 길이가 조금씩 변할 수 있어 측정의 정확성과 일관성을 유지하기 어려웠습니다.

그래서 현재는 빛이 진공에서  $\frac{1}{299,792,458}$  초 동안 이동한 거리를 1미터로 정의하는 방법을 사용합니다. 이 방식은 어디에서나 일정한 빛의 속력에 기반하고 있어 변하지 않으므로, 전 세계 어디서나 동일한 기준으로 사용할 수 있다는 점에서 미터원기보다 훨씬 우수합니다.

## 4. 측정 표준의 활용

| 측정 항목   | 활용 예시                       | 사용된 측정 표준                                                 |
|---------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 시간      | 스마트폰 시계 동기화                 | 세슘 원자의 진동수를 기준으로 한 초                                      |
| 길이      | 건축물, 가구 제작, 자동차 부품 생산       | 빛의 속력으로 정의된 미터                                            |
| 무게 (질량) | 식품 포장 중량 표시                 | 킬로그램 원기 또는 플랑크 상수 기반 정의                                   |
| 온도      | 실내 온도 조절, 폭염주의보 안내, 음식 조리 등 | 섭씨 온도 기준, 국제 온도 표준                                        |
| 전기      | 전자제품 전력 사용량 측정              | 국제 전기 단위 표준 (암페어, 볼트)                                     |
| 농도      | 혈액 검사, 음료 성분 분석             | 표준 물질을 이용한 정확한 농도 측정                                      |
| 소리      | 공사장의 소음 측정                  | 사람의 귀에 들리는 가장 작은 소리를 0으로, 10배 커지면 10dB, 100배 커지면 20dB로 설정 |

---

**마지막으로 아래 체크리스트를 통해 단위 학습 내용을 확인해봅시다.**

- ✓ 측정과 어림의 의미와 그 필요성을 이해한다. ( ○ / △ / × )
- ✓ 측정 표준을 측정 단위, 측정 방법, 측정 도구, 표준물질로 구분하여 설명할 수 있다.  
( ○ / △ / × )
- ✓ 측정 표준이 활용되는 분야에 대해 설명할 수 있다. ( ○ / △ / × )

## Theme 03 : 빈칸 채우기 문제

1. 감각 기관을 이용해 측정하면 (            )과 (            )에 영향을 받는다.
2. 어떤 대상이 가진 물리량을 미리 정해진 기준과 비교해 단위를 붙여 나타내는 과정을 (            )이라고 한다.
3. 측정 도구 없이 현재 알고 있는 정보를 활용해 그 양을 대략 가늠하는 것을 (            )이라고 한다.
4. 측정하는 양이 측정 도구의 눈금과 정확히 일치하지 않을 때는 (            )의 1/10까지 어림하여 읽는다.
5. 전자저울 없이 물의 질량을 어림하여 담으려면 물의 (            )와/과 컵의 (            )를 어림해야 한다.
6. 물리량의 정확하고 일관된 측정을 위해 만든 과학적 기준을 (            )이라고 하며, 그 종류에는 측정 단위, 측정 방법, 측정 도구, (            )이 있다.
7. s(초)는 (            ) 원자가 흡수하거나 방출하는 빛이 특정 횟수만큼 진동하는 데 걸리는 시간을 기준으로 정한 단위이다.
8. 1 m는 (            )이/가 진공에서 1/299,792,458초 동안 이동한 거리로 정의된다.
9. 과거 미터의 기준이었던 (            )는 손상이나 (            ) 변화에 의해 길이가 조금씩 변할 수 있어 측정 표준으로 사용하기 어려웠다.
10. 성분과 특성이 정확히 알려져 있어 실험이나 분석에서 기준 역할을 하는 물질을 (            )이라고 한다.

정답: 1. 주위 환경, 관찰자의 상황(컨디션)    2. 측정    3. 어림    4. 최소 눈금    5. 밀도, 부피  
6. 측정 표준, 표준물질    7. 세슘    8. 빛    9. 미터원기, 온도    10. 표준물질

## Theme 03 : 실전 적용 문제

11

다음은 측정 표준에 대해 학생 A, B, C가 대화한 내용이다.



제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A
- ② C
- ③ A, B
- ④ B, C
- ⑤ A, B, C

## Theme 03 : 실전 적용 문제

---

12

어림에 대한 설명으로 옳은 것만을 있는 대로 고른 것은?

- ㄱ. 반올림은 어림에 해당하지 않는다.
- ㄴ. 어림은 측정값의 의미를 비교할 수 있게 하여 새로운 지식의 생산을 돕는다.
- ㄷ. 물 100g을 어림하기 위해서는 물의 밀도를 알지 않아도 된다.

- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄷ
- ⑤ ㄴ, ㄷ

## Theme 03 : 실전 적용 문제

---

### 13

측정 표준에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 측정 표준을 통해 나타낸 물리량은 신뢰성을 가진다.
- ② 미터원기는 측정 표준으로 적합하지 않다.
- ③ 사람들 간 원활한 의사소통을 가능하게 한다.
- ④ 자동차 도로의 과속 단속 장비는 자동차의 속력을 km/s 단위로 측정한다.
- ⑤ 산업, 의료, 우주 항공 분야 등에 활용되고 있다.

## Theme 03 : 실전 적용 문제

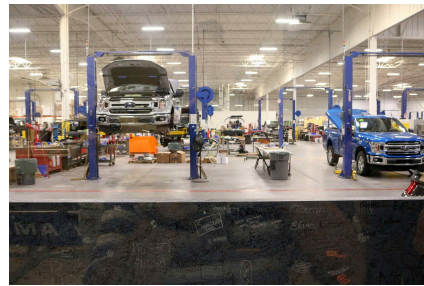
# 14

그림 (가), (나)는 일상 생활에서 측정 표준이 활용되는 사례를

나타낸 것이다.



(가)

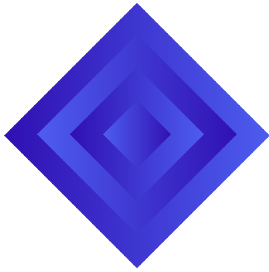


(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

- ㄱ. (가)에서 사용하는 속도의 단위는 m/s이다.
- ㄴ. (나)에서는 길이, 질량, 부피 등의 측정 표준을 활용한다.
- ㄷ. (가)와 (나)에서 모두 측정 표준을 통해 원활한 의사소통을 가능하게 하고 있다.

- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄷ
- ⑤ ㄴ, ㄷ



## Theme 04 : 신호와 정보

### 1. 신호

신호란, 관찰자를 둘러싼 자연의 변화가 전달되는 것을 의미합니다.

|                |                                           |
|----------------|-------------------------------------------|
| 파동 형태로 전달되는 신호 | 지진파, 빛, 소리                                |
| 전기 형태로 전달되는 신호 | 전압이나 전류의 변화<br>(컴퓨터 회로, 통신 케이블, 신경의 전기신호) |
| 그 외의 신호        | 힘, 압력, 온도 등                               |

#### 신호 측정/분석 예시

- 체온을 측정해 건강 상태를 알 수 있다.
- 우주배경복사를 통해 우주의 생성 과정을 연구할 수 있다.
- 지진파를 측정하고 분석해 지구 내부의 상태를 알 수 있다.

### 2. 정보

이러한 신호들은 그 자체로는 의미 있는 형태가 되지 않습니다. 이를 측정하고 분석하여 의미를 찾을 수 있게 만든 것이 정보입니다. 정리하자면, 우리는 감각 기관과 여러 측정 도구를 통해 자연의 신호를 수집하며, 이를 측정하고 분석하여 정보로 변환합니다. 이렇게 얻어진 정보는 일상생활에서 유용하게 이용됩니다.

### 3. 신호와 정보의 변환

신호는 크게 아날로그 신호와 디지털 신호로 구분할 수 있습니다.

아날로그 신호는 값이 연속적으로 변하는 신호로, 빛, 소리, 온도 등 자연에서 발생하는 대부분의 신호가 여기에 속합니다. 예를 들어, 온도는 시간이 지남에 따라 연속적이고 부드럽게 변하는 값을 가집니다. 온도는 띄엄띄엄한 몇 개의 값만 가지는 것이 아니라, 무한히 많은 중간값을 가질 수 있습니다.

디지털 신호는 0과 1의 이진수 형태로 나타낸 불연속적인 신호로, 컴퓨터가 인식할 수 있는 신호입니다. 자연계에서 발생한 아날로그 신호를 컴퓨터에서 이용하려면 디지털 신호로 변환하는 과정이 필요합니다.

이 과정의 첫 단계를 담당하는 것이 센서입니다. 센서는 인간의 감각 기관과 같은 역할을 하며, 자연에서 감지한 신호를 전기 신호로 변환합니다. 대부분의 전자 기기는 센서에서 수집한 아날로그 전기 신호를 일정한 시간 간격으로 나누어 측정한 뒤, 각각의 값을 이진수로 표시하여 디지털 신호로 저장합니다.

이렇게 만들어진 디지털 신호는 잡음의 영향을 덜 받으므로, 원래의 정보를 그대로 유지한 채 저장하고 복사·편집·전송하기에 유리합니다.

센서의 이름은 감지하는 신호의 종류에 따라 광센서(빛 감지), 압력 센서(압력 감지), 초음파 센서(초음파 감지), 가속도 센서(가속도 감지), 화학 센서(특정 화학 물질 감지) 등으로 나뉩니다.

|        |                                               |
|--------|-----------------------------------------------|
| 광센서    | 사람의 체온 정도의 물체는 적외선을 방출하므로 이를 감지하는 체온계의 적외선 센서 |
| 가속도 센서 | 스마트폰의 화면 회전을 조정하는 가속도 센서는 관성을 통해 작동           |
| 초음파 센서 | 자동차의 범퍼에는 초음파를 발생시키고 이가 되돌아오는 신호를 감지해 장애물을 감지 |
| 정전 센서  | 화면에 손이 닿았을 때 변환되는 전기신호를 감지                    |

#### 4. 디지털 기술과 현대 문명

오늘날 사람들은 인터넷과 스마트폰을 이용해 공간적, 시간적 한계를 뛰어넘고 있습니다. 시간과 장소의 제약 없이 전 세계 사람들과 의사소통하고 정보를 교환할 수 있습니다. 또한 센서로 수집하여 디지털 신호로 바꾼 정보를 컴퓨터가 빠르게 처리할 수 있게 되면서, 이전에는 오랜 시간이 걸리던 복잡한 작업도 신속히 처리할 수 있게 되었습니다.

| 활용 | 은행 및 금융                                 | 의료                               | 교육                                   | 교통                                    |
|----|-----------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 설명 | 인터넷 뱅킹과 같은 디지털 금융이나 상품 구매 서비스를 이용할 수 있다 | 원격 진료로 환자에게 실시간으로 맞춤형 처방을 할 수 있다 | 전자책, 교육 앱 등으로 시공간에 구애받지 않고 교육받을 수 있다 | 무인 드론, 자율주행 기술 등으로 운전자 없이 상품 배송이 가능하다 |

#### 5. 최신 디지털 기술의 종류

|              |                                                                  |
|--------------|------------------------------------------------------------------|
| 빅데이터         | 대규모의 복잡한 데이터를 고속으로 수집·저장·처리하여 통계 분석, 패턴 인식, 예측 모델링을 수행하는 기술      |
| 사물 인터넷 (IoT) | 센서와 네트워크를 통해 물리적 사물을 인터넷에 연결해 실시간 데이터 교환 및 자동 제어를 가능하게 하는 분산 시스템 |
| 인공지능 (AI)    | 기계학습, 신경망, 딥러닝 등을 활용해 데이터를 기반으로 지능적 의사결정과 문제 해결을 수행하는 컴퓨팅 기술     |

마지막으로 아래 체크리스트를 통해 단원 학습 내용을 확인해봅시다.

- ✓ 신호와 정보의 의미와 그 차이를 설명할 수 있다. ( ○ / △ / × )
- ✓ 아날로그 신호와 디지털 신호의 차이를 알고, 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하는 센서의 기능을 설명할 수 있다. ( ○ / △ / × )
- ✓ 디지털 기술이 현대 문명에 가져온 변화를 설명할 수 있다.  
( ○ / △ / × )

## Theme 04 : 빈칸 채우기 문제

1. ( )는 자연계의 변화가 전달되는 것이며, 이를 측정하고 분석하여 의미를 찾을 수 있게 만든 것을 ( )라고 한다.
2. 연속적으로 변하는 값을 가지는 신호로, 자연에서 발생하는 빛, 소리 등은 ( )이다.
3. 컴퓨터에서 인식할 수 있는 신호로, 0과 1의 ( ) 형태로 표시되는 ( )인 신호를 디지털 신호라고 한다.
4. 센서는 자연에서 감지한 신호를 ( ) 신호로 변환하며, 이는 인간의 ( )과 같은 역할이다.
5. 대부분의 전자 기기는 센서에서 수집한 아날로그 전기 신호를 일정한 ( ) 간격으로 나누어 측정하고, 각각의 값을 ( )로 표시해 디지털 신호로 저장한다.
6. 디지털 신호는 아날로그 신호에 비해 ( )의 영향을 덜 받으므로, 저장과 복사·편집·전송에 유리하다.
7. 화면에 손이 닿았을 때 달라지는 전기적 성질을 감지하는 센서를 ( )라고 한다.
8. 비접촉식 체온계는 물체가 온도에 따라 방출하는 ( )을 감지하여 체온을 측정한다.
9. 여러 사물에 센서와 통신 기능을 넣어 인터넷으로 연결함으로써, 사물끼리 실시간으로 정보를 주고받으며 스스로 제어할 수 있게 하는 기술을 ( )이라고 한다.
10. 매우 많은 양의 데이터를 빠르게 수집·저장·분석하여 규칙을 찾고 앞으로의 일을 예측하는 기술을 ( )라고 한다.

정답 1. 신호, 정보 2. 아날로그 신호 3. 이진수, 불연속적 4. 전기, 감각 기관 5. 시간 이진수  
6. 집음 7. 정전 센서 8. 적외선 9. 사물 인터넷(IoT) 10. 빅데이터

## Theme 04 : 실전 적용 문제

15

다음은 센서에 대해 학생 A, B, C가 대화한 내용이다.



제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A
- ② C
- ③ A, B
- ④ B, C
- ⑤ A, B, C

## Theme 04 : 실전 적용 문제

---

16

디지털 정보와 현대 문명에 대한 설명으로 옳은 것만을 있는 대로

고른 것은?

- ㄱ. 빅데이터, IoT는 현대의 디지털 정보 기술에 해당하지 않는다.
- ㄴ. 많은 양의 디지털 자료를 빠르게 처리하는 기술은 기후 변화 감시에 도움이 된다.
- ㄷ. 스마트 기기의 카메라가 받아들이는 빛은 디지털 신호이다.

- ① ㄴ
- ② ㄷ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ
- ⑤ ㄴ, ㄷ

## Theme 04 : 실전 적용 문제

17

그림 (가)는 열화상 카메라를 통해 찍은 사진으로, 파동 형태로

방출된 열을 이용한 것이다. 그림 (나)는 일반 카메라를 통해 찍은 사진으로, 다른 물체에 반사되어 들어온 빛을 이용한 것이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 있는 대로 고른 것은?

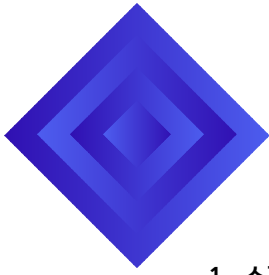
- ㄱ. (가)를 통해 사람의 건강 상태를 확인할 수 있다.
- ㄴ. (가)와 (나)의 카메라에 입력되는 신호는 모두 아날로그 신호이다.
- ㄷ. 빛이 들어오지 않는 어두운 곳에서는 (가)와 (나) 중 (가)의 촬영만 가능하다.

- ① ㄱ
- ② ㄷ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

# *Primer*

## 통합과학 I

### Chapter 3. 물질과 규칙성 (1)



## Theme 05 : 우주 초기에 생성된 원소

### 1. 스펙트럼과 우주의 원소 분포

초기 우주부터 현재의 우주까지, 우주에 어떤 원소들이 생성되었고 분포하고 있는지를 알기 위해서는 스펙트럼이 무엇인지부터 알아야 합니다.

스펙트럼 = 분광기로 빛을 나눴을 때 관찰되는 빛의 띠

우리가 평소 생각하는 '빛'은 사실 여러 파장의 혼합입니다. 이러한 파장은 각기 굴절되는 정도가 다르기 때문에 분광기를 통해 분리될 수 있습니다.

#### 분광기란?

분광기는 빛을 파장별로 나누어 보여 주는 도구입니다. 빛이 분광기의 작은 틈(슬릿)을 지나면, 프리즘이나 회절 격자에 의해 파장에 따라 다른 각도로 꺾입니다. 꺾인 빛은 서로 분리되어 빨강, 주황, 노랑, 초록, 파랑, 보라 등 여러 색깔로 나타납니다. 이 과정을 통해 분광기를 사용하면 햇빛이 여러 파장의 빛이 혼합된 것임을 확인할 수 있습니다.



▲ 분광기를 통해 햇빛을 파장별로 나누면 무지개색이 관찰된다.

이러한 스펙트럼은 크게 연속 스펙트럼과 선 스펙트럼의 두 가지로 구분되며, 선 스펙트럼은 다시 흡수 스펙트럼과 방출 스펙트럼으로 구분됩니다. 아래의 표는 필수적으로 암기해야 합니다.

| 구분      |         | 특징                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 연속 스펙트럼 |         | <ul style="list-style-type: none"> <li>백열전구의 필라멘트나 별의 표면과 같이 온도가 높고 밀도가 큰 광원에서 나오는 빛을 관측할 때 나타난다.</li> <li>특정 파장이 끊기지 않고 가시광선 영역 전체에 걸쳐 무지개와 같은 연속적인 색 띠가 나타난다.</li> </ul>  <p>▲ 연속 스펙트럼</p>        |
| 선 스펙트럼  | 흡수 스펙트럼 | <ul style="list-style-type: none"> <li>연속 스펙트럼을 내는 빛이 온도가 낮은 기체를 통과할 때, 그 기체를 이루는 원소가 특정한 파장의 빛을 흡수하여 나타난다.</li> <li>연속적인 색 띠에서 흡수된 특정 파장의 부분이 검은 선으로 나타나는 선 스펙트럼이다.</li> </ul>  <p>▲ 흡수 스펙트럼</p> |
|         | 방출 스펙트럼 | <ul style="list-style-type: none"> <li>온도가 높고 밀도가 낮은 기체를 관측할 때, 그 기체를 이루는 원소가 특정한 파장의 빛을 방출하여 나타난다.</li> <li>검은 바탕에 방출된 특정 파장의 부분만 밝은 선으로 나타나는 선 스펙트럼이다.</li> </ul>  <p>▲ 방출 스펙트럼</p>             |

### 흡수 스펙트럼이 만들어지는 원리

별이나 백열전구에서 나오는 빛은 여러 파장의 전자기파가 섞여 있는 빛이며, 원자는 각각 특정한 에너지를 가지는 전자 껍질(에너지 준위)을 가지고 있습니다. 전자는 아무 에너지나 주고받는 것이 아니라, 두 전자 껍질의 에너지 차이에 해당하는 만큼의 빛만 흡수하거나 방출합니다. 전자가 에너지를 흡수하면 더 높은 에너지의 전자 껍질로 이동하고, 반대로 더 낮은 에너지의 전자 껍질로 이동할 때는 그 차이만큼의 빛을 방출합니다.

태양과 같이 온도가 높고 밀도가 큰 광원에서 나오는 빛은 모든 파장을 포함하고 있어 연속 스펙트럼으로 나타납니다. 이 빛이 온도가 낮은 기체를 통과하면, 기체를 이루는 원자들은 자신의 전자 껍질 사이의 에너지 차이에 해당하는 특정 파장의 빛만 흡수하고 나머지 파장의 빛은 그대로 통과시킵니다. 그 결과 흡수된 파장 부분만 어둡게 끊겨 보이는 흡수 스펙트럼이 나타납니다.

앞서 설명했듯, 원소마다 흡수하거나 방출하는 파장이 정해져 있습니다. 개별 선 하나는 다른 원소의 선과 가까운 위치에 나타날 수도 있지만, 선들이 나타나는 전체 배열은 원소마다 고유합니다. 또한 동일한 원소라면 흡수선과 방출선의 위치가 서로 같습니다. 이러한 성질을 이용해 별이나 은하를 구성하는 원소의 종류와 질량비를 알 수 있습니다.

### 스펙트럼으로 별과 은하를 구성하는 원소의 질량비 확인하기

원소마다 특정 파장의 빛을 흡수하는 성질을 이용해 확인한다. 별이나 은하의 스펙트럼에 나타난 흡수선의 위치를, 실험을 통해 미리 알아 둔 여러 원소의 방출선 위치와 비교하면 그 구성 원소의 종류를 알 수 있다. 이때 별이나 은하에는 여러 원소가 함께 존재하므로, 스펙트럼에는 여러 원소의 흡수선이 함께 나타난다.

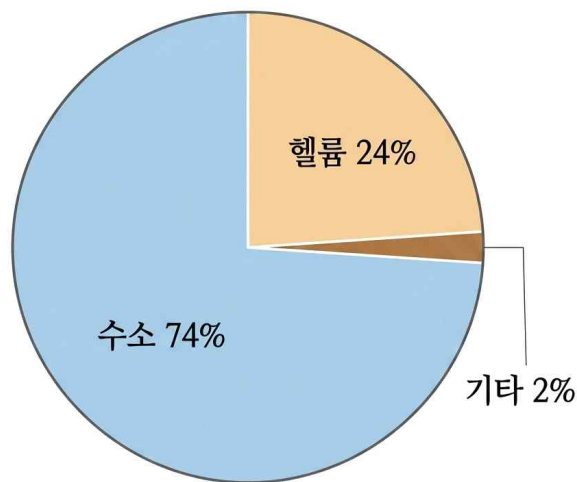
### 스펙트럼으로 별과 은하를 구성하는 원소의 종류 확인하기

별이나 은하의 스펙트럼에서 흡수선의 세기를 비교하면 원소의 상대적인 양을 알 수 있다. 같은 조건에서 어떤 원소의 원자 수가 많을수록 흡수되는 빛의 양이 많아져 흡수선이 더 진하고 굵게 나타나기 때문이다. 이렇게 얻은 원자 수의 비에 각 원자 하나의 질량을 곱하면, 구성 원소의 질량비를 구할 수 있다.

위에서 설명했듯, 기체를 구성하는 원소들은 원소마다 고유한 파장의 에너지만을 흡수 또는 방출하므로 이를 이용하면 우주에 어떤 원소들이 분포하는지 알 수 있습니다. 그 결과 우주는 수소와 헬륨이 3:1의 질량비임이 발견되었습니다.

즉, 우주 초기에 생성된 수소와 헬륨이 우주의 별과 은하를 이루는 가장 주된 원소가 되었음을 알 수 있습니다.

### 우주의 구성 원소 비율



#### 태양의 스펙트럼

19세기 초, 프라운호퍼는 태양의 스펙트럼을 정밀하게 관측하여 그 속에 있는 수백 개의 흡수선을 기록하였습니다. 이 흡수선들을 프라운호퍼선이라고 합니다. 이후 과학자들은 이 선들의 위치를 여러 원소의 방출선과 비교하여, 태양의 대기에 수소, 헬륨, 나트륨, 칼슘 등 다양한 원소가 존재한다는 사실을 밝혀냈습니다. 이를 통해 태양의 대기에는 우주 초기에 만들어진 원소인 수소와 헬륨뿐만 아니라, 나트륨과 칼슘 같은 원소들도 함께 존재한다는 것을 알게 되었습니다.

## 2. 우주 초기 원소의 생성

그렇다면 이러한 원소들은 어떻게 만들어졌을까요? 원소가 생성되는 과정을 이해하려면, 먼저 물질을 이루는 입자에 어떤 것들이 있는지 알아야 합니다. 모든 물질은 원자로 이루어져 있습니다. 또한, 이러한 원자는 원자핵과 전자로 구성되고, 원자핵은 양성자와 중성자로 구성되며, 양성자와 중성자는 더 이상 분해되지 않는 쿼크로 이루어져 있습니다.

### 쿼크란?

물질을 구성하는 기본 입자 중 하나로, 양성자와 중성자를 이룬다. 양성자는 위 쿼크(업 쿼크) 2개와 아래 쿼크(다운 쿼크) 1개로, 중성자는 위 쿼크(업 쿼크) 1개와 아래 쿼크(다운 쿼크) 2개로 구성된다.

| 입자의 종류   | 특징                                                                                                                                                                |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 기본 입자    | <ul style="list-style-type: none"><li>· 물질의 기본 단위로, 더 이상 분해가 불가능하다.</li><li>· 전자는 전기적으로 음전하를 띤다.</li><li>· 쿼크, 전자 등이 기본 입자에 해당한다.</li></ul>                       |
| 양성자, 중성자 | <ul style="list-style-type: none"><li>· 3개의 쿼크로 이뤄진 입자이며, 구성하는 쿼크의 종류에 따라 양성자 또는 중성자가 된다.</li><li>· 양성자는 전기적으로 양(+)전하를 띠고, 중성자는 중성(전하를 띠지 않음)이다.</li></ul>        |
| 원자핵      | <ul style="list-style-type: none"><li>· 양성자와 중성자로 구성된다. (수소 원자의 경우 예외적으로 양성자 하나로만 구성될 수 있다.)</li><li>· 양성자는 (+)전하를, 중성자는 전하를 띠지 않으므로 원자핵은 양(+)전하를 띤다.</li></ul>   |
| 원자       | <ul style="list-style-type: none"><li>· 원자핵과 전자로 구성되며, 이때 원자의 전자 수는 원자핵을 이루는 양성자수와 같다.</li><li>· (+)전하를 띠는 양성자와 (-)전하를 띠는 전자의 수가 같으므로 원자는 전기적으로 중성을 띤다.</li></ul> |

빅뱅 우주론이란, 약 138억 년 전 모든 물질과 에너지가 모인  
초고온·초고밀도의 한 점에서 대폭발이 일어나 우주가 탄생했고, 우주는  
지금까지도 팽창 중이라는 이론입니다. 빅뱅 우주론은 현재 가장 유력하게  
받아들여지는 우주 기원 이론으로, 다양한 증거에 의해 뒷받침됩니다.

#### 빅뱅 우주론의 확립 과정

1. 허블이 외부 은하를 관측하여 멀리 있는 은하일수록 더 빨리 멀어진다는 사실을 알아냈고, 이로부터 우주가 팽창하고 있음이 밝혀졌다.
2. 가모프 등이 주장한 빅뱅 우주론과 호일 등이 주장한 정상 우주론(우주는 시작도 끝도 없으며, 팽창하여 부피가 커지는 만큼 빈 공간에 새로운 물질이 계속 생겨나므로 우주의 밀도는 항상 일정하다는 이론)이 대립하였다.
3. 펜지어스와 윌슨이 빅뱅 우주론의 대표적 증거인 우주 배경 복사를 발견하면서 빅뱅 우주론이 인정받았다.

#### 빅뱅 우주론을 뒷받침하는 증거

1. 허블의 관측: 허블은 먼 외부 은하의 스펙트럼을 관측하여, 대부분의 외부 은하에서 흡수선의 위치가 원래보다 붉은 쪽으로 치우쳐 나타나는 것을 확인하였다. 이는 그 은하들이 우리은하로부터 멀어지고 있음을 뜻하며, 우주 팽창의 증거이다.
2. 우주 배경 복사: 초기의 뜨거운 우주를 가득 채우고 있던 빛이, 우주가 팽창하는 동안 파장이 길어져 현재는 우주 전체에 고르게 퍼진 약한 마이크로파로 관측된다. 이를 우주 배경 복사라고 하며, 우주가 팽창하면서 그 온도는 점점 낮아져 현재는 약 2.7 K로 관측된다.
3. 빅뱅 우주론이 예측한 초기 우주의 수소와 헬륨의 질량비(약 3 : 1)가 실제 관측 결과와 일치한다.

대폭발 이후 현재까지도 계속 팽창하고 있는 우주는 팽창에 의해 지속적으로 그 온도가 낮아지고 있습니다. 온도가 매우 높을 때는 입자들이 서로 결합하더라도 곧 다시 흩어져 버리지만, 온도가 충분히 낮아지면 결합한 상태가 유지될 수 있습니다. 그에 따라 쿼크들이 결합하여 양성자와 중성자를 형성하였고, 다시 양성자와 중성자가 결합하여 헬륨 원자핵과 같은 원자핵이 만들어졌습니다.

빅뱅 이후 원자와 우주의 형성 과정을 시간 순서대로 좀 더 자세히 알아보면,

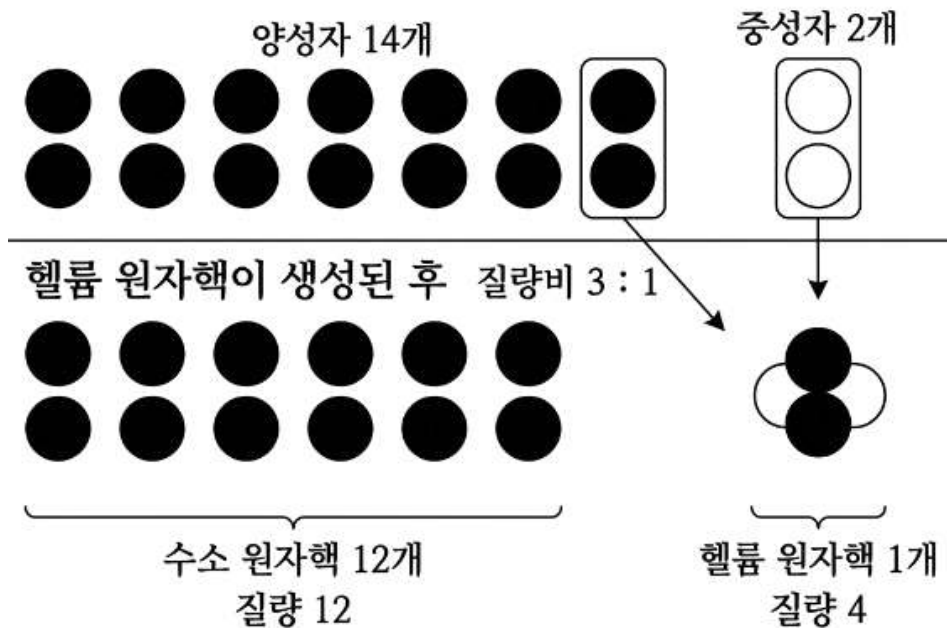
- ① **빅뱅 직후**: 초고온 상태였던 우주가 팽창하면서 온도가 낮아졌고, 쿼크, 전자 등의 기본 입자가 생성되었습니다.
  - ② **양성자와 중성자가 생성된 직후**: 우주는 지속적인 팽창으로 그 온도가 낮아졌고, 쿼크 3개가 결합하여 그 조합에 따라 양성자와 중성자를 생성하였습니다. 이때의 우주에는 양성자와 중성자가 서로 변환될 수 있을 만큼 충분한 에너지가 있었기에, 양성자 수와 중성자 수의 비율은 1 : 1로 유지되었습니다.
  - ③ **중성자가 양성자로만 변환 가능한 시기**: 우주는 계속된 팽창으로 온도가 더욱 낮아졌으며, 그에 따라 양성자와 중성자의 변환이 한 방향으로만 일어나게 되었습니다. 중성자는 양성자보다 질량이 크기 때문에, 중성자가 양성자로 바뀌는 것은 가능하지만 양성자가 중성자로 바뀌는 것은 어려워진 것입니다. 그 결과 양성자 수가 중성자 수보다 많아져 그 비율은 약 7 : 1이 되었습니다.
  - ④ **빅뱅 후 약 3분 (원자핵이 생성된 시기)**: 양성자는 그 자체로 수소 원자핵이 되고, 양성자 2개와 중성자 2개가 결합해 헬륨 원자핵이 생성되었습니다. 예를 들어 양성자 14개와 중성자 2개가 있었다고 하면, 중성자 2개가 모두 양성자 2개와 결합하여 헬륨 원자핵 1개를 만들고 양성자 12개가 남아 수소 원자핵 12개가 됩니다. 이때 수소 원자핵과 헬륨 원자핵의 개수비는 12 : 1이지만, 헬륨 원자핵은 양성자와 중성자를 합해 4개의 입자로 이루어져 있으므로 질량비는 12 : 4, 즉 3 : 1이 됩니다.
  - ⑤ **빅뱅 후 약 38만년 (원자가 생성된 시기)**: 빅뱅 이후 약 38만 년 뒤, 우주는 계속된 팽창으로 인해 온도와 밀도가 감소하며 약 3000 K까지 온도가 하강했습니다. 이때, 원자핵과 전자가 결합하여 두 종류의 원자를 형성했습니다. 수소 원자핵과 전자 1개가 결합해 수소 원자를 형성했고, 헬륨 원자핵과 전자 2개가 결합해 헬륨 원자를 형성했습니다.
- 이전의 우주에서는 전자가 우주를 자유롭게 돌아다니면서 빛과 충돌하였기 때문에, 빛이 곧게 나아가지 못하는 불투명한 우주였습니다. 그러나 전자가 원자핵에 붙잡히면서 빛과 충돌하는 일이 크게 줄어 빛이 직진할 수 있게 되었고, 우주는 투명해졌습니다. 이때 우주를 가득 채운 채 퍼져 나간 빛이 바로 오늘날 관측되는 우주 배경 복사입니다.
- ⑥ **빅뱅 이후 수억년 (별과 은하의 형성)**: 수소 원자와 헬륨 원자는 대폭발 후 수억 년이 지나는 동안 중력에 의해 한곳에 모여 별과 은하를 형성했고, 현재까지도 우주를 이루는 원소의 대부분을 차지하고 있습니다.

### 빅뱅 3분 뒤 수소 원자핵과 헬륨 원자핵의 질량비가 3:1이 된 과정

이전 시기의 양성자수와 중성자수의 비율 7:1을 고려해, 양성자 14개와 중성자 2개로 우주가 구성되었다 가정해봅시다. 이 중, 양성자 2개와 중성자 2개가 결합해 헬륨 원자핵을 생성하고, 남은 양성자 12개는 수소 원자핵을 형성합니다.

헬륨 원자핵 1개의 질량은 수소 원자핵 1개 질량의 4배이므로 질량비는 12:4, 즉 3:1입니다.

### 헬륨 원자핵이 생성되기 직전 개수비 7 : 1



### 빅뱅 우주론에서 원자의 생성 과정 정리

기본 입자(쿼크, 전자)의 생성 → 양성자, 중성자의 생성 → 헬륨 원자핵 생성  
→ 원자 생성

---

마지막으로 아래 체크리스트를 통해 단위 학습 내용을 확인해봅시다.

- ✓ 스펙트럼의 특징을 알고 그에 따라 연속 스펙트럼, 흡수 스펙트럼, 방출 스펙트럼으로 구분할 수 있다. ( ○ / △ / × )
- ✓ 스펙트럼을 분석하여 구성 원소의 질량비 및 종류를 구하는 원리를 설명할 수 있다.  
( ○ / △ / × )
- ✓ 물질을 구성하는 기본 입자의 종류와 특성에 대해 설명할 수 있다.  
( ○ / △ / × )
- ✓ 빅뱅 우주론에 따른 원자의 생성 과정을 시간 순서대로 설명할 수 있다.  
( ○ / △ / × )

## Theme 05 : 빈칸 채우기 문제

1. 저온의 기체를 통과한 빛을 관측하면 ( ) 스펙트럼이, 온도가 높고 밀도가 낮은 기체에서 방출되는 빛을 관측하면 ( ) 스펙트럼이 관측된다.
2. 빛은 ( )에 따라 꺾이는 정도가 다르기 때문에 빛을 분광기로 관측하면 스펙트럼이 관측된다.
3. 별이나 은하의 스펙트럼에서 흡수선의 세기를 비교하면 구성 원소의 ( )을 알 수 있고, 여기에 각 원자의 질량을 곱하면 질량비를 구할 수 있다.
4. 별이나 은하의 흡수선과 원소의 방출선의 위치를 비교하면 구성 원소의 ( )를 알 수 있다.
5. 물질의 기본 단위로 더 이상 분해할 수 없는 입자를 ( )라 한다.
6. ( )는 위 쿼크 1개와 아래 쿼크 2개로 이뤄진다.
7. 빅뱅 이후 우주 초기에 생성되어 우주를 구성하는 주요 원소는 ( )와 ( )다.
8. 전기적으로 중성인 원자에서 전자 수는 원자핵을 이루는 ( ) 수와 같으므로, 원자는 전기적으로 중성이다.
9. ( )에 따르면, 약 138억 년 전 모든 물질과 에너지가 모인 초고온·초고밀도의 한 점에서 대폭발이 일어나 우주가 탄생했고, 우주는 지금까지도 팽창 중이다.
10. 초기 우주에서 만들어진 수소 원자핵과 헬륨 원자핵의 질량비는 약 ( ) : ( )이다.

정답: 1. 흡수, 방출 2. 파장 3. 상대적인 양(원자 수의 비) 4. 종류 5. 기본 입자  
6. 중성자 7. 수소, 헬륨 8. 양성자 9. 빅뱅 우주론 10. 3, 1

## Theme 05 : 빈칸 채우기 문제

11. 빅뱅 후 약 38만 년 뒤, 우주의 온도가 약 ( ) K으로 낮아져 원자핵과 전자가 결합하여 수소 원자와 헬륨 원자가 생성되었다.
12. 양성자 1개와 중성자 1개가 결합하면 ( ) 원자핵이 만들어진다.
13. 빅뱅 후 약 ( ) 년 뒤, 초기 우주에서 만들어진 수소와 헬륨은 중력에 의해 한곳에 모여 현재의 은하와 별들을 이루었다.
14. 중성자는 양성자보다 질량이 더 크므로, 우주의 온도가 낮아진 이후에는 중성자가 ( )로 변환되는 반응만 일어났다.
15. 빅뱅 직후의 우주는 온도가 매우 높아 ( )와/과 ( )의 상호 변환이 자유롭게 일어났고, 두 입자의 개수비는 1 : 1로 유지되었다.
16. ( )는 전자가 원자핵에 붙잡혀 빛이 직진할 수 있게 되었을 때 퍼져 나간 빛이 현재까지 관측되는 것이다.
17. 빅뱅 후 약 ( )이 지나자 수소 원자핵과 헬륨 원자핵의 질량비가 약 3 : 1이 되었다.
18. 허블의 관측 결과 대부분의 외부 은하에서는 ( )가 관측되었고, 이는 흡수선들의 위치가 원래 위치보다 파장이 긴 붉은색 쪽으로 치우쳐 나타나는 현상이다.
19. 중수소 원자핵에 중성자 ( )개와 양성자 ( )개가 결합하여 ( ) 원자핵을 형성한다.

정답: 11. 3000   12. 중수소   13. 수억   14. 양성자   15. 양성자, 중성자  
16. 우주 배경 복사   17. 3분   18. 적색 편이   19. 1, 1, 헬륨

## Theme 05 : 실전 적용 문제

### 18

스펙트럼에 대한 설명으로 옳은 것만을 있는 대로 고른 것은?

- ㄱ. 백열전구를 관측할 때는 연속 스펙트럼이 나타난다.
- ㄴ. 저온의 기체를 구성하는 원소가 특정한 파장을 방출하므로 흡수 스펙트럼이 나타난다.
- ㄷ. 원소마다 특정 파장의 에너지를 흡수 또는 방출하므로 동일한 원소는 흡수선과 방출선의 위치가 같다.

- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

## Theme 05 : 실전 적용 문제

### 19

다음은 빅뱅 우주론에 대한 설명이다.

- 약 138억년 전 모든 물질과 에너지가 모인 초고온/초고밀도의 한 점에서 대폭발이 일어나 우주가 탄생했고, 우주는 지금까지도 ㉠ 중이다.
- 빅뱅 이후 우주가 계속 팽창하면서 온도가 낮아졌으며 쿼크 3개가 결합하여 ㉡과 중성자가 생성되었다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- ㄱ. ㉠은 '팽창'이다.
- ㄴ. ㉡은 아래 쿼크 1개와 위 쿼크 2개로 구성된다.
- ㄷ. 빅뱅 우주론에 따르면 우주는 계속 팽창하다가 현재는 팽창 속도가 점차 느려지고 있다.

- ① ㄴ
- ② ㄷ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

## Theme 05 : 실전 적용 문제

### 20

다음은 빅뱅 이후 어느 시기에 발생한 사건에 대한 설명이다.

- 양성자 1개와 중성자 1개가 결합해 중수소 원자핵이 만들어지고, 이에 중성자 1개와 양성자 1개가 결합하여 헬륨 원자핵이 만들어졌다.
- 양성자는 수소 원자핵이 되었다.

- ㄱ. 온도 하강으로 수소 원자가 생성되었다.
- ㄴ. 빅뱅 후 약 3분이 경과되었을 때의 사건이다.
- ㄷ. 해당 시기의  $\frac{\text{수소 원자핵의 총 질량}}{\text{헬륨 원자핵의 총 질량}}$  은 약 3이다.

- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ
- ⑤ ㄴ, ㄷ

## Theme 05 : 실전 적용 문제

---

### 21

우주의 특성과 물질의 생성에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 빅뱅 직후 우주는 급격히 팽창하였으며, 현재는 그 팽창 속도가 점차 빨라지고 있다.
- ② 우주가 팽창함에 따라 밀도와 온도는 낮아진다.
- ③ 초기 우주에서 만들어진 수소와 헬륨은 현재의 은하와 별을 구성한다.
- ④ 빅뱅으로 생성된 쿼크와 전자를 기본 입자라 한다.
- ⑤ 모든 물질은 더 이상 나눌 수 없는 입자인 원자로 이뤄져 있다.

## Theme 05 : 실전 적용 문제

# 22

표는 빅뱅 이후 우주에 존재하는 입자 개수의 상대량을 나타낸

것이다. ㉠과 ㉡은 양성자수와 중성자수 중 하나이다.

| 구분             | ㉠ | ㉡ |
|----------------|---|---|
| 양성자와 중성자 생성 시기 | 1 | 1 |
| ㉢              | 1 | 7 |

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- ㄱ. ㉠은 중성자수, ㉡은 양성자수이다.  
 ㄴ. 두 시기 사이에 양성자가 중성자로 전환되었다.  
 ㄷ. ㉢ 시기의 입자가 모두 원자핵을 이루면 수소 원자핵과 헬륨 원자핵의 개수비는 12 : 1이다.

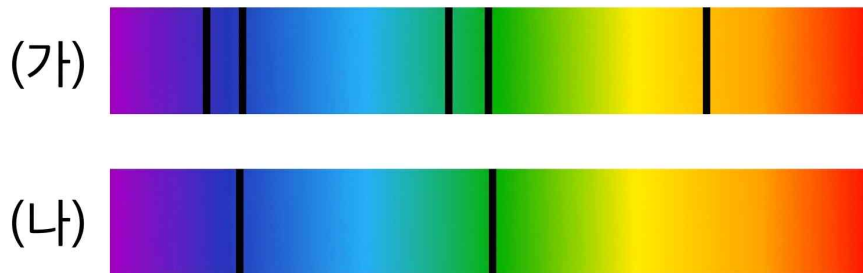
- ① ㄴ
- ② ㄷ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

## Theme 05 : 실전 적용 문제

23

그림 (가), (나)는 원소 A의 스펙트럼과 별 B의 스펙트럼을 순서

없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- ㄱ. (가)는 원소 A의 스펙트럼이다.  
ㄴ. 별 B에서 방출된 빛은 고온의 기체를 통과하였다.  
ㄷ. 별 B는 원소 A를 포함한 천체이다.

- ① ㄴ  
② ㄷ  
③ ㄱ, ㄴ  
④ ㄱ, ㄷ  
⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

## Theme 05 : 실전 적용 문제

24

다음은 대폭발(빅뱅) 직후 생성된 여러 가지 입자를 나타낸 것이다.

A. 헬륨 원자핵  
C. 수소 원자핵

B. 쿼크  
D. 전자

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

ㄱ. B가 C보다 먼저 생성되었다.  
ㄴ. A와 D는 전기적으로 중성이다.  
ㄷ. A의 질량은 C의 질량의 약 4배이다.

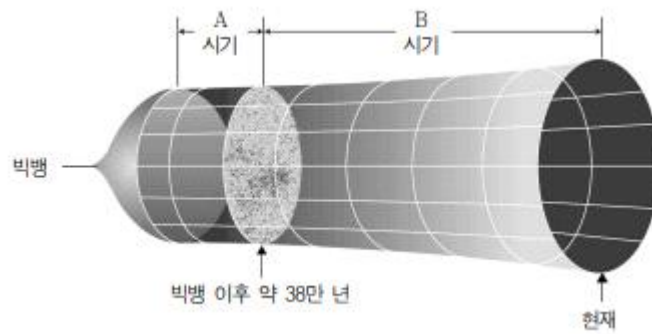
- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

## Theme 05 : 실전 적용 문제

# 25

그림은 빅뱅 이후 약 38만 년을 기준으로 원자 형성 이전과

이후를 각각 A와 B 시기로 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

- ㄱ. A 시기에 빛은 우주 공간을 자유롭게 이동할 수 있다.
- ㄴ. B 시기에 우주 배경 복사의 온도는 계속 낮아진다.
- ㄷ. 우주의 평균 밀도는 A 시기보다 B 시기가 낮다.

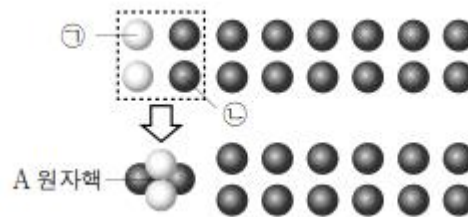
- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

## Theme 05 : 실전 적용 문제

### 26

그림은 초기 우주에서 양성자와 중성자가 결합하여 A 원자핵이

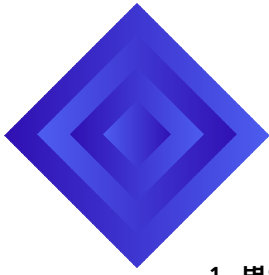
만들어지는 과정을 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 각각 양성자와 중성자 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

- ㄱ. ㉠은 양성자이다.
- ㄴ. ㉡의 전하량은 0이다.
- ㄷ. 이 과정 이후 우주에 존재하는 수소 원자핵 총질량은 A 원자핵 총질량의 약 3배가 되었다.

- ① ㄱ
- ② ㄷ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ



## Theme 06 : 별의 진화와 원소의 생성

### 1. 별의 탄생

별이란, 스스로 빛을 내는 천체를 의미하며, 그 에너지는 중심부에서 일어나는 핵융합 반응으로부터 얻습니다.

- ① 가스 구름의 형성
- ② 성운의 형성
- ③ 원시별의 생성
- ④ 별(주계열성)의 탄생

우주 초기에는 대폭발로 수소와 헬륨이 생성되었습니다. 그러나 이 두 원소는 우주 전체에 균일하게 분포하지 않았습니다. 수소와 헬륨이 밀집한 곳에서는 중력이 더 강하게 작용해, 주변의 물질(수소, 헬륨, 먼지 등)을 끌어당기며 성운이 형성되었습니다. 이후 성운에서 밀도가 높고 온도가 낮은 부분은 중력에 의해 수축하게 되고, 수축이 진행되면서 중심부의 밀도가 커지는 동시에 중력 수축 과정에서 발생한 에너지가 열로 바뀌어 중심부의 온도가 높아집니다. 이렇게 하여 원시별이 탄생하게 됩니다.

정리하면, 원시별은 성운 내부에서 성간 물질이 중력에 의해 수축하여 만들어진 천체이며, 아직 핵융합 반응은 일어나지 않고 중력 수축으로 발생한 에너지에 의해 빛을 냅니다. 원시별이 계속 수축하여 중심부의 온도가 약 1000만 K에 이르면 비로소 수소 핵융합 반응이 시작되고, 이때부터 하나의 별인 주계열성이 됩니다.

대표적인 별은 주계열성으로, 수소 핵융합 반응을 통해 에너지를 생성합니다. 수소 핵융합 반응은 수소 원자핵 4개가 결합하여 헬륨 원자핵 1개를 만드는 과정입니다. 이때 생성된 헬륨 원자핵 1개의 질량은 반응에 참여한 수소 원자핵 4개의 질량 합보다 약간 작는데, 이는 줄어든 질량이 에너지로 변환되어 방출되기 때문입니다. 주계열성은 이 에너지로 스스로 빛을 내며, 중심부에서 바깥으로 작용하는 기체의 압력과 안쪽으로 작용하는 중력이 평형을 이루어 크기와 밝기가 일정하게 유지됩니다.

---

수소 핵융합 반응식:  $4\text{H} \rightarrow \text{He} + E$  (에너지)

수소 핵융합 반응을 위해서는 약 1000만 K 이상의 온도가 필요하므로, 별의 중심부와 같은 고온·고압의 환경에서만 가능합니다. 또한, 별을 구성하는 원소는 대부분 수소여서 핵융합에 사용할 연료가 풍부하므로, 별은 일생 중 약 90%를 주계열성 상태로 보냅니다. 이후 중심부의 수소가 점차 감소하면서 다음 단계로 넘어갑니다.

## 2. 별의 진화와 무거운 원소의 생성

수소 핵융합 반응이 중심부의 수소를 모두 헬륨으로 바꾸고 나면, 별은 그 질량에 따라 그 운명이 달라집니다. 만약 별의 질량이 태양과 비슷하다면, 해당 별의 중심부는 수소 핵융합 반응이 끝나는 대로 중력에 의한 급속한 수축을 하게 됩니다.

### 수소 핵융합 반응 이후 급속한 수축이 일어나는 이유

주계열성 내부에서는 별을 안쪽으로 끌어당기는 중력과, 수소 핵융합 반응으로 발생한 에너지에 의해 바깥으로 작용하는 기체의 압력이 서로 균형을 이루어 안정적인 상태를 유지한다. 하지만 중심부의 수소가 모두 소모되어 핵융합 반응이 멈추면 바깥으로 미는 힘이 약해지고, 중력이 우세해져 중심부는 급격하게 수축하게 된다.

수축으로 발생한 에너지는 중심부 바깥의 수소층을 가열하고, 이로 인해 수소 핵융합 반응이 중심부 바깥에서 다시 일어납니다. 이때 발생하는 에너지는 주계열성일 때보다 많아서, 바깥으로 미는 힘이 중력보다 커지게 됩니다. 그 결과 별의 바깥층은 크게 팽창하여 적색 거성으로 부풀어 오릅니다.

한편, 중심부에서는 계속 수축이 일어나 온도가 1억 K 이상으로 상승합니다. 이 온도에서는 헬륨 핵융합 반응이 일어나, 헬륨 원자핵 3개가 결합하여 탄소 원자핵이 만들어지고 여기에 헬륨 원자핵이 다시 결합하여 산소 원자핵이 생성됩니다. 하지만 태양과 비슷한 질량의 별은 중력이 충분히 크지 않아, 중심부가 탄소나 산소의 핵융합이 일어날 수 있는 온도까지 높아지지 못합니다. 따라서 중심부의 헬륨이 모두 소진되면 핵융합 반응은 멈추게 됩니다.

핵융합 반응이 멈추면 바깥으로 미는 힘이 사라져, 별의 바깥층은 우주 공간으로 서서히 방출되어 행성상 성운을 형성합니다. 그리고 남겨진 중심부는 중력에 의해 더욱 수축하여, 크기는 작지만 온도가 매우 높은 백색 왜성이 됩니다.

### 질량이 태양과 비슷한 별의 진화

주계열성 → 적색거성 → 행성상 성운, 백색왜성

#### <sup>1</sup> 대표적인 주계열성, 태양 ▼



#### <sup>2</sup> 백색왜성 ▼



#### <sup>3</sup> 행성상 성운 ▼



질량이 태양보다 10배 이상 큰 별에서는 다른 방식으로 진화가 일어납니다.

### 질량이 태양보다 10배 이상 큰 별의 진화

주계열성 → 초거성 → 초신성 폭발 → 중성자별 또는 블랙홀

주계열성까지는 이전과 동일하게 수소 핵융합 반응이 일어나지만, 그 이후에는 초거성이 되어 헬륨 핵융합 반응을 수행합니다. 이러한 별은 질량이 커서 중력이 강하게 작용하므로, 헬륨 핵융합 반응이 끝난 뒤에도 중심부가 더욱 수축하여 온도가 계속 상승합니다. 그에 따라 탄소, 산소, 규소 등의 핵융합 반응이 차례로 이어져 최종적으로는 철 원자핵이 생성됩니다. 철 원자핵은 매우 안정하여 더 이상 핵융합 반응으로 에너지를 낼 수 없으므로, 여기서 핵융합 반응이 멈추게 됩니다.

핵융합 반응이 중단되면 바깥으로 미는 힘이 사라지고 중력만이 남습니다. 이때 중심부가 급격하게 붕괴하면서 발생한 충격으로 별의 바깥층이 우주 공간으로 날아가는 대폭발이 일어나는데, 이를 초신성 폭발이라고 합니다. 이 과정에서 방출되는 막대한 에너지에 의해 핵반응이 일어나 금, 납, 우라늄 등 철보다 무거운 원소가 형성됩니다.

폭발 이후 남은 별의 중심부는 그 질량에 따라 서로 다른 천체가 됩니다. 중심부가 더욱 수축하여 전자와 양성자가 결합해 중성자로 이루어진 중성자별이 되거나, 별의 질량이 충분히 큰 경우에는 중성자별의 중심부마저 계속 중력 수축하여 빛조차도 빠져나올 수 없는 블랙홀이 됩니다.

이처럼 초신성 폭발로 우주 공간에 흩어진 무거운 원소들은 새로운 성운의 재료가 되어, 다음 세대의 별과 그 주위를 도는 행성을 이루게 됩니다.

<sup>1</sup> 초거성 ▼



<sup>2</sup> 초신성 폭발 ▼



<sup>3</sup> 중성자별 ▼



<sup>4</sup> 블랙홀 ▼



### 3. 태양계와 지구의 형성

태양계는 대부분 수소와 헬륨으로 이루어져 있으면서, 초신성 폭발로 우주에 흩어진 철, 금, 우라늄과 같은 무거운 원소를 함께 포함하고 있던 성운으로부터 형성되었습니다. 이를 설명하는 대표적인 이론은 성운설로, 가장 유력한 태양계 형성 이론입니다.

#### 성운설에 따른 태양계의 형성

**태양계 성운 형성:** 우리은하 내부에서 발생한 초신성 폭발로 무거운 원소들이 공급되었고, 그 충격으로 주변의 성운이 수축하기 시작하면서 태양계 성운이 형성되었다.

**성운은 자체 중력에 의해 수축 및 회전 시작 및 원시 원반 형성:** 성운은 자체 중력에 의해 수축하며 회전하기 시작했다. 수축이 진행될수록 회전 속도는 점차 빨라졌고, 그에 따라 회전 방향으로 물질이 넓게 퍼지고 회전축 방향으로 수축하여, 중심부는 볼록하고 바깥쪽은 납작한 원시 원반을 형성했다.

**원시 태양을 형성:** 원시 원반의 중심 부분은 자체 중력에 의해 더욱 수축하면서 그 온도와 밀도가 상승하여 원시 태양을 형성했다.

**고리와 미행성체 형성:** 원시 원반은 회전하면서 여러 개의 고리를 형성했다. 이 과정에서 각 고리의 기체와 티끌이 중력에 의해 뭉쳐 미행성체를 형성했다.

**원시 행성과 태양계 형성:** 원시 태양은 계속 수축하여 중심부의 온도가 1000만 K에 도달하자 수소 핵융합 반응이 일어나 태양이 되었고, 주변의 미행성체들은 서로 충돌하며 뭉쳐 원시 행성을 형성했다.

이렇게 만들어진 행성들은 태양으로부터 얼마만큼의 거리에서 생성되었느냐에 따라 구별되는 특성을 가집니다.

수성, 금성, 지구, 화성과 같은 지구형 행성(암석 성분으로 구성된 행성)은 태양으로부터 거리가 가까워 상대적으로 고온의 환경에서 형성되었기에, 철, 니켈, 규소와 같이 녹는점이 높고 무거운 원소들로 구성됩니다. 이러한 환경에서는 가벼운 기체 성분이 태양의 열에 의해 날아가 버렸습니다.

목성, 토성, 천왕성, 해왕성과 같은 목성형 행성(기체 성분으로 구성된 행성)은 태양으로부터의 거리가 멀어 상대적으로 저온의 환경에서 형성되었기에, 수소, 헬륨, 메테인과 같은 가벼운 기체 성분으로 구성됩니다.

태양계 성운은 이전에 설명하였듯 대부분이 수소와 헬륨으로 구성되어 있었습니다. 그에 비해 지구형 행성을 이루는 철, 니켈, 규소와 같은 무거운 원소는 양이 적었기에 지구형 행성은 크게 성장하지 못했습니다. 반면 목성형 행성의 성장에 필요한 수소와 헬륨은 풍부했기에, 목성형 행성의 크기가 지구형 행성의 크기보다 더 큽니다.

#### 태양계 형성 빈출 개념

- ① 성운의 중력 수축으로 원시 태양이 형성되었고, 이후 핵융합 반응이 시작되어 태양이 되었다.
- ② 성운의 회전으로 납작한 원반과 고리가 형성되었다.
- ③ 현재 지구에는 철보다 무거운 원소가 발견되므로, 태양계 성운에도 해당 원소들이 포함되어 있었음을 알 수 있다.
- ④ 태양계 성운은 수축하여 태양계를 형성했으므로, 현재의 태양계보다 훨씬 컸을 것이다.

다음으로, 지구의 형성과 생명체의 탄생 과정에 대해 알아보겠습니다.

#### 원시 지구의 형성과 생명체의 출현

**미행성체 충돌로 인한 원시 지구 형성:** 원시 지구는 철과 규산염 물질로 이루어진 미행성체들이 충돌하여 뭉치면서 만들어졌으며, 충돌이 반복될수록 그 크기와 질량이 점점 커졌다.

**원시 대기와 마그마 바다의 형성과 분리:** 미행성체가 충돌할 때 그 속에 포함되어 있던 수증기와 이산화 탄소 등의 기체가 빠져나와 원시 대기를 형성했다. 이후 계속되는 충돌에서 생긴 마찰열과 원시 대기의 온실 효과로 인해 지구의 표면이 녹아 마그마 바다가 되었다.

**핵과 맨틀의 분리:** 마그마 바다에서 철과 니켈 등 밀도가 큰 물질들은 중심으로 가라앉아 핵을 형성했고, 상대적으로 밀도가 작은 규산염 물질은 그 바깥에 남아 맨틀을 형성했다. → 지구의 내부가 핵과 맨틀로 나뉜 것은 물질의 밀도 차이 때문이다.

**원시 지각과 원시 바다의 형성:** 미행성체의 충돌이 줄어들면서 지구로 공급되는 열이 감소하여 마그마 바다가 식어 굳으면서 원시 지각이 형성되었다. 이후 대기의 온도가 더욱 낮아지자 대기 중의 수증기가 응결하여 비로 내렸고, 이 물이 낮은 곳에 모여 원시 바다가 형성되었다.

**생명체의 출현:** 원시 바다에는 액체 상태의 물이 존재하여 여러 물질이 녹아들 수 있었고, 물이 강한 자외선을 막아 주어 생명체가 살아남을 수 있는 환경이 만들어졌다. 이러한 바다에서 최초의 생명체가 탄생했다.

**마지막으로 아래 체크리스트를 통해 단원 학습 내용을 확인해봅시다.**

- ✓ 별의 탄생과 진화 과정을 그 질량에 따라 다르게 이해하고 관련 문제를 풀 수 있다. ( ○ / △ / × )
- ✓ 수소 핵융합 반응의 원리와 과정에 대해 설명할 수 있다. ( ○ / △ / × )
- ✓ 지구형 행성과 목성형 행성의 특성과 형성 과정을 구분하여 설명할 수 있다. ( ○ / △ / × )
- ✓ 지구의 형성과 생명체의 탄생 과정을 시간 순서대로 설명할 수 있다. ( ○ / △ / × )

## Theme 06 : 빈칸 채우기 문제

1. 수소 핵융합 반응을 통해 에너지를 생성하는 별을 (        )이라 한다.
2. 질량이 태양과 비슷한 별의 경우 (        ) → (        ) → (        )과 (        )의 진화 단계를 거친다.
3. 별의 중심부 온도가 약 (        ) K 이상이 되면 수소 핵융합 반응이 일어난다.
4. 질량이 태양보다 약 10배 이상 큰 별의 경우 (        ) → (        ) → (        ) → (        ) 또는 (        )의 진화 단계를 거친다.
5. (        ) 원자핵은 매우 안정하여 더 이상 핵융합 반응으로 에너지를 낼 수 없으므로, 초거성의 중심부에서는 이 원자핵까지만 생성된다.
6. (        )에서 발생하는 엄청난 에너지에 의해 철보다 무거운 원소가 생성된다.
7. 초신성 폭발 이후 남은 중심부는 중력 수축하여 (        )이 되고, 질량이 더 큰 경우에는 빛조차도 빠져나올 수 없는 (        )이 된다.
8. 초거성의 중심부에서는 (        ) 원자핵 3개가 결합하는 핵융합 반응에 의해 탄소가 만들어진다.
9. 질량이 태양보다 훨씬 큰 별은 핵융합 반응이 계속 일어나 중심부로 갈수록 더 (        ) 원소가 만들어진다.
10. 적색 거성의 바깥층이 우주 공간으로 방출되어 형성된 행성 모양의 성운을 (        )이라고 한다.

정답: 1. 주계열성 2. 주계열성, 적색 거성, 행성상 성운, 백색 왜성 3. 1000만

4. 주계열성, 초거성, 초신성 폭발, 중성자별, 블랙홀 5. 철 6. 초신성 폭발

7. 중성자별, 블랙홀 8. 헬륨 9. 무거운 10. 행성상 성운

## Theme 06 : 빈칸 채우기 문제

11. 태양계 성운은 수축하면서 회전 속도가 빨라졌고, 그 결과 성운의 (            )는 볼록하고 바깥쪽은 납작한 (            )을 형성했다.
12. 원시 태양은 계속 수축하여 중심부의 온도가 약 1000만 K에 도달하자 (            ) 반응이 일어나 태양이 되었다.
13. 미행성체의 충돌이 (            )하여 지구로 공급되는 열이 줄어들자, 마그마 바다가 식어 굳으면서 (            )이 형성되었다.
14. 행성은 태양으로부터의 거리에 따른 형성 당시의 (            ) 차이에 의해, 암석 성분의 (            )형 행성과 기체 성분의 (            )형 행성으로 구분 된다.
15. 태양계 성운이 수축하고 회전하면서 태양계가 형성되었다는 학설을 (            )이라고 한다.
16. 지구의 형성 및 생명체 탄생 과정은, 미행성체 충돌 → (            )의 형성 → (            )의 분리 → 원시 지각의 형성 → (            )의 형성 → 생명체의 출현이다.
17. 태양계의 형성 과정은, 태양계 (            ) 형성 → 성운의 (            )과 회전 → 원시 원반과 원시 태양 형성 → (            )와 미행성체 형성 → 원시 행성과 태양계 형성이다.
18. 주계열성은 바깥으로 작용하는 기체의 (            )과 안쪽으로 작용하는 (            )이 평형을 이루어 안정적인 상태를 유지한다.

정답: 11. 중심부, 원시 원반 12. 수소 핵융합 13. 감소, 원시 지각 14. 온도, 지구, 목성 15. 성운설 16. 마그마 바다, 핵과 맨틀, 원시 바다 17. 성운, 수축, 고리 18. 압력, 중력

## Theme 06 : 실전 적용 문제

27

자료 (가),(나)는 별이 탄생하기까지의 과정에 대한 설명이다.

(가): 중력 수축이 계속 일어나면 성운 중심부의 온도와 밀도가 더욱 높아진다.  
(나): 수소 핵융합 반응이 일어나 빛을 방출한다.

(가)와 (나)에 해당하는 단계를 옳게 짝지은 것은?

- |   | (가)      | (나)     |
|---|----------|---------|
| ① | 가스 구름 형성 | 별의 탄생   |
| ② | 원시별의 생성  | 성운의 형성  |
| ③ | 가스 구름 형성 | 원시별의 생성 |
| ④ | 별의 탄생    | 원시별의 생성 |
| ⑤ | 원시별의 생성  | 별의 탄생   |

## Theme 06 : 실전 적용 문제

### 28

다음은 별에서 일어나는 어떤 반응 ㉠에 대한 자료이다.

- 수소 원자핵 4개가 결합하여 헬륨 원자핵 1개로 결합하는 반응이다.
- 주계열성은 중심부(핵)에서 해당 반응을 통해 광도를 유지한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- ㄱ. ㉠은 수소 핵융합 반응이다.
- ㄴ. 수소 원자핵 4개가 결합하여 헬륨 원자핵 1개를 형성한다.
- ㄷ. 결손된 질량만큼의 에너지를 방출한다.

- ① ㄱ
- ② ㄷ
- ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

## Theme 06 : 실전 적용 문제

### 29

다음 자료는 어느 별의 진화 과정을 나타낸 것이다.

- (가) 초신성 폭발 과정에서 막대한 양의 에너지가 방출된다.
- (나) 수소 핵융합 반응을 통해 빛을 방출한다
- (다) 헬륨 핵융합 반응에 의해 탄소가 만들어진 이후에도 계속하여 온도가 상승한다.
- (라) 별의 중심부는 중성자로 이뤄진 중성자별이 된다.

별의 진화 과정을 순서대로 나열한 것은?

- ① (나) → (가) → (다) → (라)
- ② (나) → (다) → (라) → (가)
- ③ (나) → (다) → (가) → (라)
- ④ (다) → (나) → (가) → (라)
- ⑤ (다) → (나) → (라) → (가)

## Theme 06 : 실전 적용 문제

---

### 30

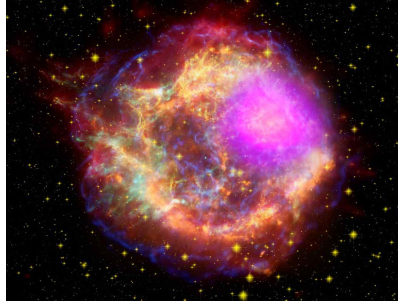
태양계의 형성 과정에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 태양계 성운은 외부 은하에서의 초신성 폭발의 영향으로 형성되었다.
- ② 태양계 성운의 원반에 있던 물질은 서로 결합하여 미행성체를 만들었다.
- ③ 원시 태양은 원시 행성보다 먼저 형성되었다.
- ④ 태양에서 가까운 곳에서는 주로 지구형 행성이 만들어졌다.
- ⑤ 성운에서 수축이 일어나는 곳은 밀도가 크고, 온도가 낮다.

## Theme 06 : 실전 적용 문제

31

그림은 어느 별 A의 최후 단계 B를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

- ㄱ. 별 A의 질량은 태양의 10배 이상이다.
- ㄴ. B에서 우주 공간에 여러 가지 원소를 방출하였다.
- ㄷ. B에서 중심부가 수축해 형성된 천체에서는 철을 생성하는 핵융합 반응이 일어난다.

- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ