

통합 과학 · 고 1

태양에너지와 발전

1+1+1+1은
4가 아니다

핵융합 · 질량 결손 · 태양 에너지의 흐름 — 정답과 해설

개념 정리

1. 태양 에너지의 생성 — 핵융합

수소처럼 가벼운 원자핵들이 융합하여 무거운 원자핵이 되는 현상을 **핵융합** 이라고 한다.

태양의 중심부에서는 **수소 원자핵 4 개가 융합하여 헬륨 원자핵 1개**가 만들어진다.

왜 중심부에서만? 원자핵은 모두 (+)전하를 띠어 서로 밀어낸다(전기적 척력). 압력이 매우 높고 초고온인 중심부에서는 원자핵이 매우 빠르게 움직여 척력을 극복하고 충돌할 수 있다.

2. 개수와 질량은 다르다

	반응 전 (수소 원자핵 4개)	반응 후 (헬륨 원자핵 1개)
알갱이(핵자) 수	4	<u>4</u>
질량 합 (교재 값)	4.029 u	<u>4.003 u</u>
수소 원자핵 1개 = 1로 놓으면	1+1+1+1 = 4	약 <u>3.97</u>

헬륨-4의 '4'는 질량이 아니라 원자핵을 이루는 **알갱이의 개수**이다. **개수는 그대로지만 질량은 줄어든다.**

3. 질량 결손과 에너지

핵융합 후 입자들의 질량 합이 반응 전보다 약간 감소하는 것을 **질량 결손** 이라고 한다. 감소한 질량만큼 에너지가 방출된다.

$$E = \Delta m c^2$$

Δm : 감소한 질량 · c : 빛의 속력(3×10^8 m/s)

c^2 이 **9×10^{16}** 으로 매우 크기 때문에 **Δm 이 매우 작아도 엄청난 에너지**가 방출된다. (질량 1 kg → 약 9×10^{16} J)

질량 보존 법칙과 모순일까? 아니다. 줄어든 질량은 사라진 것이 아니라 에너지로 바뀌어 빠져나간 것이다.

4. 태양 에너지의 규모와 지구 도달량

1초 동안	반응 전	반응 후	차이
태양 중심	수소 약 6.57억 t	헬륨 약 6.53억 t	약 <u>400만</u> t

→ 태양은 1초에 약 400만 t씩 가벼워지며, 그 질량이 에너지로 바뀌어 매초 약 10^{26} J 이상이 방출된다.

태양과 지구 사이는 진공에 가까워 에너지는 복사의 형태로 전달되며, 사방으로 퍼진 에너지 중 약 20억 분의 1만이 지구에 도달한다.

5. 지구에서 태양 에너지의 전환

현상	과정	전환되는 에너지	이용
물의 순환	증발 → 구름 → 비·눈 → 강·댐	열에너지 → <u>위치</u> 에너지	수력 발전
바람과 파도	지표 가열 차이 → 기압 차 → 바람	열에너지 → <u>운동</u> 에너지	풍력·파력 발전
대기·해수 순환	<u>저위도</u> 의 남는 에너지 → 고위도	에너지 이동	에너지 불균형 해소
생명 활동	광합성 → 먹이 사슬 → 화석 연료	빛에너지 → <u>화학</u> 에너지	식량·화력 발전

태양 에너지가 근원이 아닌 것 밀물과 썰물(달의 인력), 지진·화산(지구 내부 에너지), 핵발전(우라늄)

6. 한눈에 정리 — 태양에서 우리까지

핵융합 수소 원자핵 4개 → 헬륨 원자핵 1개	질량 결손 질량 약 0.7% 감소 (4 → 3.97)	$E = \Delta mc^2$ 줄어든 질량이 에너지로 방출	복사 약 20억분의 1이 지구에 도달	에너지 전환 물의 순환 · 바람 · 광합성 · 화석 연료
--	--	---	-----------------------------------	--

핵심 태양 속에서 1+1+1+1이 4가 되지 않는 그 차이(질량 결손)가 지구의 비, 바람, 음식이 되는 에너지의 출발점이다.

확인 문제

01 태양은 중심부에서 () 반응에 의해 에너지를 생성한다.

정답 핵융합

02 태양의 수소 핵융합 반응에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 수소 원자핵 4개가 융합하여 헬륨 원자핵 1개가 만들어진다.
- ㄴ. 반응 후 원자핵을 이루는 알갱이의 수가 줄어든다.
- ㄷ. 반응 후 입자들의 질량 합이 반응 전보다 작다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 ④ — 알갱이 수는 4로 같고, 질량 합은 줄어든다.

03 수소 원자핵 1개의 질량을 m_1 , 헬륨 원자핵 1개의 질량을 m_2 라고 할 때, 옳은 관계는?

① $m_1 = m_2$ ② $2m_1 = m_2$ ③ $4m_1 = m_2$ ④ $4m_1 < m_2$ ⑤ $4m_1 > m_2$

정답 ⑤ — 질량 결손으로 헬륨 원자핵의 질량이 수소 원자핵 4개의 질량 합보다 작다.

04 수소 원자핵 4개의 질량 합은 4.029 u, 헬륨 원자핵 1개의 질량은 4.003 u이다. 이 반응의 질량 결손(Δm)을 구하시오.

정답 $4.029 \text{ u} - 4.003 \text{ u} = 0.026 \text{ u}$

05 질량 결손과 에너지에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 핵융합 과정에서 감소한 질량만큼 에너지가 방출된다.
- ㄴ. 감소한 질량이 매우 작으면 에너지는 거의 방출되지 않는다.
- ㄷ. 태양의 질량은 시간이 지날수록 조금씩 줄어든다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 ③ — $E = \Delta mc^2$ 에서 c^2 이 매우 크므로 Δm 이 작아도 막대한 에너지가 나온다(ㄴ 틀림). 태양은 1초에 약 400만 t씩 가벼워진다(ㄷ).

06 지구에서 태양 에너지가 전환되어 나타나는 현상만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 화산이 폭발한다. ㄴ. 바닷물이 증발하여 구름이 된다.
 ㄷ. 밀물과 썰물이 생긴다. ㄹ. 식물이 포도당을 만들어 저장한다.

- ① ㄱ, ㄴ ② ㄱ, ㄷ ③ ㄴ, ㄷ ④ ㄴ, ㄹ ⑤ ㄷ, ㄹ

정답 ④ — 화산은 지구 내부 에너지, 밀물·썰물은 달의 인력이 원인이다.

07 지구에 도달한 태양 에너지를 근원으로 하는 발전 방식만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 석탄을 이용하는 화력 발전 ㄴ. 우라늄을 이용하는 핵발전
 ㄷ. 높은 곳의 물을 이용하는 수력 발전 ㄹ. 바람을 이용하는 풍력 발전

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

정답 ③ — 석탄은 옛 생물에 저장된 태양 에너지, 우라늄은 태양 에너지와 무관하다.

08 서술형 “태양 속에서 1+1+1+1은 4가 되지 않는다.” 이 말의 뜻을 알겠이 수, 질량, 에너지를 모두 사용하여 설명하시오.

정답 수소 원자핵 4개가 헬륨 원자핵 1개가 될 때 알겠이 수는 4로 같지만, 질량은 수소 원자핵 1개를 1로 볼 때 약 3.97로 줄어든다(질량 결손). 줄어든 질량은 $E = \Delta mc^2$ 만큼의 에너지로 방출되어 태양 빛이 된다.