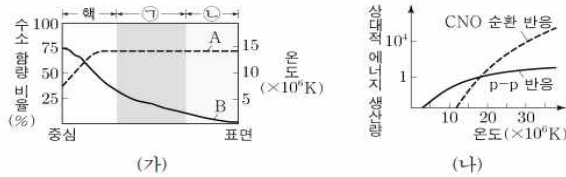


by. 핵물리의 노예 물천열차(전 폭주하는 물천열차)
무단 도용을 금합니다.

11. 그림 (가)의 A와 B는 분광형이 G2인 주계열성의 중심으로부터 표면까지 거리에 따른 수소 함량 비율과 온도를 순서 없이 나타낸 것이고, ㉠과 ㉡은 에너지 전달 방식이 다른 구간을 표시한 것이다. (나)는 별의 중심 온도에 따른 p-p 반응과 CNO 순환 반응의 상대적 에너지 생산량을 비교한 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- <보 기>
- ㉠. A는 온도이다.
 - ㉡. (가)의 핵에서는 CNO 순환 반응보다 p-p 반응에 의해 생성되는 에너지의 양이 많다.
 - ㉢. 대류층에 해당하는 것은 ㉡이다.

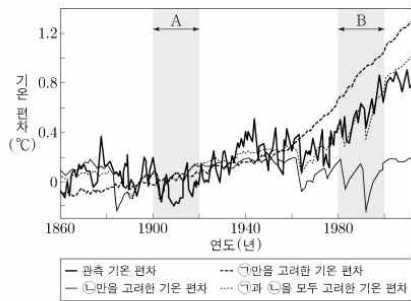
- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉢ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

문제를 읽어보니, 자료 (가)는 주계열성의 중심으로부터 표면까지 거리에 따른 수소 함량 비율과 온도를 나타냈고, 자료 (나)는 교과서에도 있는 p-p 반응과 CNO 순환 반응에 대한 그래프네요. 우선 자료 (가)를 보겠습니다. A랑 B는 수소 함량 비율과 온도를 순서 없이 나타냈네요. 교과서에도 있었고 제가 [천체특강] 할 때 늘 얘기했지만, 별은 중심에서 핵융합 반응이 일어나기에 중심부로 갈수록 온도가 높아진다고 했습니다. 그러니까 중심에서 가장 높고 표면 쪽으로 올수록 점점 작아지는 녀석이 온도겠네요. 그러니까 A가 수소 함량 비율, B가 온도가 되겠습니다. 중심에서는 수소 핵융합 반응에 의해 수소를 계속 태워먹으니까 중심부에서 수소의 함량비가 상대적으로 낮을 수밖에 없겠죠?

또 (㉠), (㉡) 부분이 뭘지 알아내야 될 거 같네요. 단순히 이 자료로는 문제의 별의 질량을 모르니까 문제에 또 어떤 조건이 있는지 다시 한번 봐요. 분광형이 G2형이라고 하네요? 별의 분광형은 OBAFGKM이고, 좀 더 뜨거운 O형 별로 갈수록 안에서 에너지를 더 많이, 더 빠르게 내니까 무거운 별입니다. 그러면 G2형 별은 좀 가벼운 별에 해당하겠네요. 이게 가벼운 별이라는 조건을 찾았으니 이제 자료 (가)에 (㉠) 층과 (㉡) 층이 뭘지 알 수 있을거예요. 이것도 제가 [천체특강] 할 때 그림 분석하면서 얘기했어요. 가벼운 별이라면 복사층이 안쪽에, 대류층이 바깥쪽에 있을거고 무거운 별이라면 복사층이 바깥쪽에, 대류층이 안쪽에 있죠? 그런데 이건 가벼운 별이니까 복사층이 안쪽에, 대류층이 바깥쪽에 있겠네요. 자료 (나)는 우리가 교과서에서 자주 보던 그래프입니다. 가벼운 별에서는 p-p 반응이 더 잘 일어나고, 무거운 별에서는 CNO 순환 반응이 더 잘 일어난다는 내용이죠. 이 별은 가벼운 별이니까 CNO 순환 반응보다는 p-p 반응이 더 잘 일어날겁니다.

이렇게 자료 분석을 통해 선지 ㉠, ㉡, ㉢ 모두 확인할 수 있었어요.

14. 그림은 기후 변화 요인 ㉠과 ㉡을 고려하여 추정한 지구 평균 기온 편차(추정값 - 기준값)와 관측 기온 편차(관측값 - 기준값)를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 각각 온실 기체와 자연적 요인 중 하나이고, 기준값은 1880년~1919년의 평균 기온이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

- <보 기>
- ㄱ. 지구 해수면의 평균 높이는 B 시기가 A 시기보다 높다.
 - ㄴ. 대기권에 도달하는 태양 복사 에너지량의 변화는 ㉡에 해당한다.
 - ㄷ. B 시기의 관측 기온 변화 추세를 자연적 요인보다 온실 기체에 의한 영향이 더 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

이 문제는 자료분석의 장벽이 많이 낮았어요. 겉보기에는 이상하고 복잡해보이지만 이걸 일일이 분석하기보다는 그래프가 전반적으로 올라가는지, 내려가는지 추세를 보면 문제를 풀 수 있을 정도의 자료분석이 끝난 겁니다.

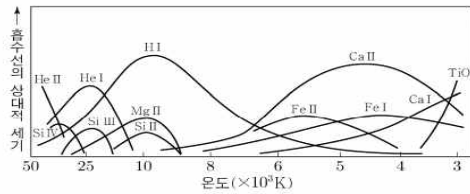
문제 보니까 (ㄱ)이랑 (ㄴ)은 온실 기체와 자연적 요인 중 하나라고 하는데 그래프를 보고 찾아낼 수 있을 거고요, 전체적으로 그래프가 올라가는 추세니까 관측 기온은 점점 증가하고 있어, 지구 온난화가 가속화되고 있다고 생각하면 되겠습니다.

지구 온난화가 가속화되고 있다는 사실을 파악했으니까 이제 (ㄱ)과 (ㄴ)을 찾아보면 될 거 같습니다. 점선이 (ㄱ)만을 고려한 기온 편차고 실선이 (ㄴ)만을 고려한 기온 편차라고 하네요. 급격하게 올라간다면 온실 기체에 따른 거고 상대적으로 완만하게 올라가거나 변화가 없다면 자연적 요인에 따른 것입니다. 교과서 개념에 따르면 산업 혁명 이후에 온실가스가 대량 배출 되면서 지구온난화가 가속되었다는 얘기가 나오죠. 그래서 급격히 올라가는 (ㄱ)이 온실 기체에 의한 지구의 기온 상승이고, 큰 변화가 없는 (ㄴ)이 자연적 요인에 의한 것이겠군요.

이제 선지를 보겠습니다. 기초적인 자료분석을 할 때 A, B에 대한 얘기를 딱히 안 했는데 선지에서 시키는대로 A와 B를 이해하면 될 거 같아요. ㄱ 선지에서 지구 해수면의 평균 높이는 A 시기와 B 시기 중 언제 더 높냐고 했는데, 온실 기체가 많을수록 빙하나 만년설이 녹거나 해수의 열팽창 때문에 지구 해수면의 평균 높이가 높아진다는 거 교과서 개념에 나와 있습니다. 그러니까 지구 해수면의 평균 높이는 온실 기체가 많은 시기인 B 시기일 때 더 높겠군요.

나머지 선지인 ㄴ, ㄷ은 자료분석하면서 모두 풀렸습니다! 역시 자료분석 하면 최소 2개는 공짜예요.

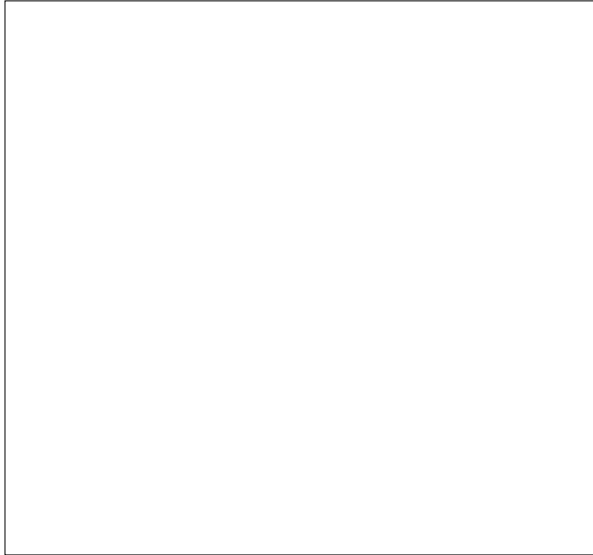
15. 그림은 별의 스펙트럼에 나타난 흡수선의 상대적 세기를 온도에 따라 나타낸 것이고, 표는 별 A, B, C의 물리량과 특징을 나타낸 것이다.



별	표면 온도(K)	절대 등급	특징
A	()	11.0	별의 색깔은 흰색이다.
B	3500	()	반지름이 C의 100배이다.
C	6000	6.0	()

이에 대한 설명으로 옳은 것은?

- ① 반지름은 A가 C보다 크다.
- ② B의 절대 등급은 -4.0보다 크다.
- ③ 세 별 중 Fe I 흡수선은 A에서 가장 강하다.
- ④ 단위 시간 당 방출하는 복사 에너지량은 C가 B보다 많다.
- ⑤ C에서는 Fe II 흡수선이 Ca II 흡수선보다 강하게 나타난다.



이 문제는 표를 통해 각 별의 특성을 파악하고 나서 자료에 주어진 온도에 따른 흡수선의 상대적 세기를 보면서 문제를 풀면 되겠네요. 표를 채워 넣고 이해하려면 별의 물리량에 대한 개념이 탄탄해야 합니다. 선지를 보면서 하나하나 해석해나갈게요. 1번 선지에서 별 A와 C의 반지름을 비교했네요. 절대 등급은 광도(L)고, 반지름 R, 표면 온도 T에 대해 $L = 4\pi R^2 \sigma T^4$ 기억하시죠? 광도랑 반지름은 비례하고 온도의 제곱과 반지름은 서로 반비례하는거. A 별과 C 별에 공통적으로 주어진 물리량이 절대등급, 즉 광도네요. 절대등급은 A가 더 큰데 광도는 C가 더 크니까 반지름도 C가 A보다 더 크겠네요. 1번 선지는 땡!

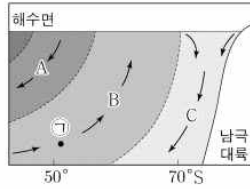
B의 절대등급을 파악하기 위해서는 마찬가지로 $L = 4\pi R^2 \sigma T^4$ 를 써야 합니다. B와 C를 비교할 수 있는 정보는 반지름이랑 온도네요. B의 반지름이 C의 100배고, 표면 온도는 B가 C의 $\frac{7}{12}$ 배니까 광도는 10000배까지는 안 가겠네요(정확히 계산해도 되긴 한데 절대등급이 -4.0보다 크지만 파악하기 위해 대략적인 값을 쓰겠습니다. 정확한 광도를 구하라는 문제가 나온다면 제대로 계산해야겠죠?) C의 절대 등급이 6.0인데 애보다 10000배 밝으면 절대등급이 -4.0입니다.(100배 밝으면 절대등급이 5만큼 차이난다고 교과서에 나왔죠?) 그러니까 별 B의 절대 등급은 -4.0보다는 어둡다. 즉 -4.0보다는 크겠네요. 절대등급은 작을수록 밝다는 거 다시 한번 주의해주세요.

별 A는 색깔이 흰색이라고 하네요. 우리가 별의 분광형 할 때 흰색 별은 표면 온도가 10000K 정도라고 배웠습니다. 이상하게 절대 등급은 B, C에 비해 큰데 이걸 반지름의 길이가 정말 커서 그런 듯 합니다. 암튼, A는 온도에 대한 정보를 주지 않은 대신 색깔에 대한 정보를 줘서 3번 선지를 풀 수 있도록 도와줬습니다. 문제에 주어진 자료를 보니까 3500K, 6000K일 때에 비해 10000K일 때는 Fe I의 세기가 훨씬 작네요. 그래서 3번 선지는 땡!

단위 시간 당 방출하는 복사 에너지의 양은 슈테판-볼츠만 법칙을 쓰면 됩니다. $E = \sigma T^4$ 니까 온도가 높을수록 이 에너지의 양도 크겠다...고 하면 안 됩니다. 이건 단위 면적당 방출되는 에너지의 양이고 문제가 묻는 건 별에서 총 방출되는 에너지의 양이기 때문에 광도를 가지고 비교하셔야 해요. 광도가 클수록, 그러니까 절대 등급이 작을수록 방출하는 에너지의 양이 많을겁니다. 5번 선지는 문제의 자료에서 6000K일 때 어떤 흡수선이 더 잘 나타나는지 보이죠?

16. 그림은 대서양 심층 순환의 일부를 모식적으로 나타낸 것이다. 수괴 A, B, C는 각각 북대서양 심층수, 남극 저층수, 남극 중층수 중 하나이다.

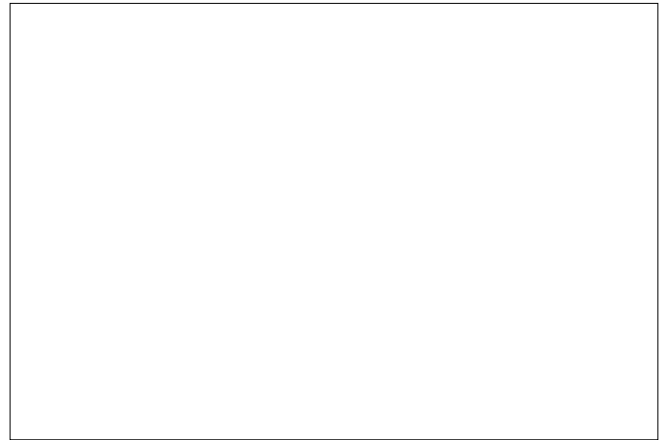
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



<보 기>

- ㄱ. 침강하는 해수의 밀도는 A가 C보다 작다.
- ㄴ. B는 형성된 곳에서 ①지점까지 도달하는 데 걸리는 시간이 1년보다 짧다.
- ㄷ. C는 표층 해수에서 (증발량 - 강수량) 값의 감소에 의한 밀도 변화로 형성된다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ



밀도가 큰 해수라면 더 깊이까지 침강할 수 있습니다. 그런데 A와 C를 비교해보니 A에 비해 C가 훨씬 깊이 침강하네요? 그러니까 해수의 밀도는 A가 C보다 작다고 할 수 있겠습니다. C 주변에 남극대륙이 있는 걸 보니까 C가 남극 저층수일테고 수온이 제일 낮겠죠. 그러니 밀도도 제일 클 수밖에 없습니다. 밀도는 염분비가 클수록, 수온이 낮을수록 크니까요.

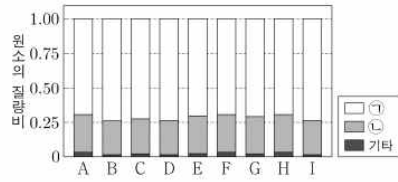
ㄱ 선지는 이렇게 바로 풀었는데, 혹시 A, B, C의 이름을 댈 수 있나요? 저기서 침강하는 A는 남극 중층수, 올라오는 B는 북대서양 심층수입니다.(그림은 교과서에 있으니 참고하십시오)

애들 이름도 알았으니 이제 ㄴ, ㄷ 선지를 마저 보겠습니다. B, 그러니까 북대서양 심층수죠. 북대서양 심층수는 심층수 특성상 굉장히 천천히 돕니다. 그래서 걸리는 시간이 1년보다 훨씬 길어요.

마지막 ㄷ 선지는 C, 그러니까 남극 저층수가 어떻게 생기는지에 대한 내용입니다. 교과서 개념에 따르면 남극 저층수는 남극 대륙 주변 해양(웨델해라는 지역이죠)에서 해수의 결빙될 때 염류가 빠져나오면서 해수의 염분이 높아져 밀도가 커지면서 침강하면서 생깁니다. 즉 밀도 차이 때문에 생기는거지 표층 해수에서 (증발량-강수량) 편차량은 무관하네요.

이 문제는 자료가 던져지긴 했는데 교과서 개념에만 충실했다면 풀리는 문제네요. 자료라도 교과서 개념만으로도 풀리는 문제가 많으니까 너무 겁먹지 마시길 바랍니다.

18. 그림은 여러 외부 은하를 관측해서 구한 은하 A~I의 성간 기체에 존재하는 원소의 질량비를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

<보 기>

㉠. ㉠은 수소 핵융합으로부터 만들어지는 원소이다.
 ㉡. 성간 기체에 포함된 $\frac{\text{수소의 총 질량}}{\text{산소의 총 질량}}$ 은 A가 B보다 크다.
 ㉢. 이 관측 결과는 우주의 밀도가 시간과 관계없이 일정하다고 보는 우주론의 증거가 된다.

- ① ㉠ ② ㉢ ③ ㉠, ㉡ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

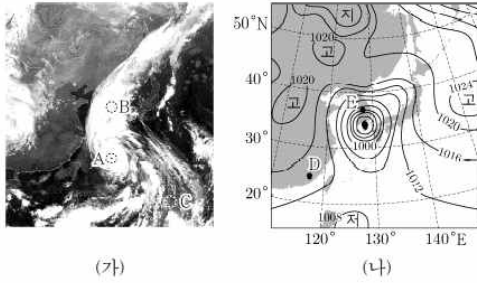
이 문제는 좀 낯선 자료라 처음 보고 많이 당황했을 수도 있습니다. 천체핵물리학을 전공하고 있는 저도 저런 자료는 처음 보거든요. 암튼 처음 보는 자료라고 겁먹을 필요가 없습니다. 우리에게도 자료분석과 교과서 개념이라는 도구가 있거든요. 우주에 가장 많은 원소가 수소고 두 번째로 많은 원소가 헬륨이죠? 빅뱅 우주론에 따르면 수소와 헬륨의 비율은 3대 1 정도고. 외부 은하 관측을 통해 얻은 원소의 질량비를 나타냈는데, 은하도 빅뱅 우주론을 따르기 때문에 수소가 가장 많고 헬륨이 그 다음으로 많으며 수소와 헬륨의 비율은 전반적으로 3대 1을 따르기 때문에 (㉠)이 수소, (㉡)이 헬륨이라는 사실을 알 수 있습니다.

그 외에 기타는 탄소, 네온, 철, 우라늄같은 다양한 원소들이고요.(애들은 초신성 폭발이나 별의 진화에 따라 생겼죠)

이제 각 선지를 보겠습니다. ㉠에서 (㉡)은 수소 핵융합으로부터 만들어지는 원소이다. 헬륨은 수소 핵융합으로부터 만들어지는 원소가 맞습니다. 그 다음에 ㉡ 선지는 비율 문제가 또 나왔는데 비율문제도 겁먹을 필요가 없어요. 하나하나 따져주면 되는 겁니다. 누가 더 큰지, 누가 더 작은지 이런거요. 산소의 총 질량은 기타 쪽 비율이랑 얼추 맞을거고, 수소의 총 질량은 (㉠), 즉 흰 부분의 양이 얼마나 많은지 확인해보시면 됩니다. 수소의 양은 B가 A에 비해 많고, 기타가 차지하는 양은 A가 B보다 많네요. 그러면 선지에 주어진 값은 A일 때가 B일 때보다 작습니다.

㉢ 선지에 언급된 '우주의 밀도가 시간과 관계없이 일정'한 이론은 정상 우주론에 대한 설명입니다. 하지만 수소와 헬륨의 비율과 함량이 저렇다는 건 빅뱅 우주론에 대한 설명이고요. 당연히 ㉢ 선지는 틀린 선지가 되는 겁니다.

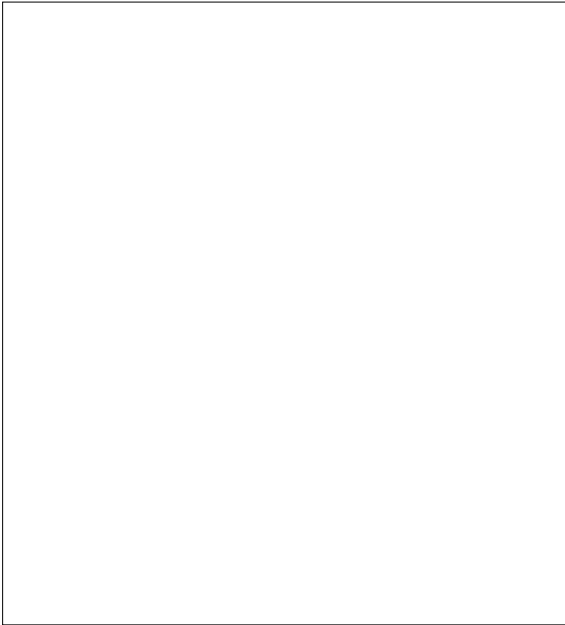
19. 그림 (가)는 어느 날 05시 우리나라 주변의 적외선 영상, (나)는 다음 날 09시 지상 일기도를 나타낸 것이다.



이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- <보 기>
- ㄱ. (가)의 A 해역에서 표층 해수의 침강이 나타난다.
 - ㄴ. (가)에서 구름 최상부의 고도는 B가 C보다 높다.
 - ㄷ. (나)에서 풍속은 E가 D보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ



왜 안 나오나 했네요. 또 나온 태풍 문제입니다. 다행히(?) 19번이라는 이름과는 안 어울리게 쉬운 자료분석이었어요. (가)는 태풍을 찍은 적외선 영상이고 (나)는 일기도에다 표시해 놓은 겁니다. 시간대는 다르네요. (가)는 어느 날 5시, (나)는 다음 날 9시. (나) 상황에서 태풍이 더 북상해있겠군요. 세력은 약해졌을지도 모릅니다.

그리고 A는 태풍의 눈 쪽이라 기압이 가장 낮은 동네군요. 또 B와 C를 비교해보니까 뭐가 차이가 나요? B 지역은 적외선 영상에 나타나있듯 구름이 굉장히 두껍게 나와있는데 C는 그렇지 않네요. 구름의 두께나 구름의 발달 정도는 B가 C보다 더 크다는 얘기입니다.

다음에 자료 (나)에 주어진 D와 E. 이 두 곳의 차이는 뭐예요? 굳이 하나 골라내라면 누가 태풍의 중심부에 더 가까이 위치했는지가 큰 차이네요. D에 비해 E는 태풍의 중심부와 굉장히 가까운 덕에 E 지역에서 풍속은 더 빠르고, 기압은 더 낮고, 구름의 양이나 강수량은 더 많겠네요.

이렇게 자료분석을 통해서 ㄱ, ㄴ, ㄷ 선지를 모두 해결할 수 있습니다. ㄱ 선지를 보면 A 해역에서 표층 해수의 침강이 나타난다고 하는데 A 해역에서는 자료분석에서도 얘기했듯 표층 태풍의 중심부라 기압이 가장 낮기에 표층 해수의 용승이 나타날겁니다. ㄴ 선지와 ㄷ 선지는 자료분석에서 모두 언급이 되었네요.

늘 강조하지만 자료분석을 철저히 하면 선지 최소 2개는 공짜입니다!