

■ 논술전형 지구과학 : 문항카드 20

1 일반정보

유형	■ 논술시험 □ 면접 및 구술고사	
전형명	수시모집 논술전형	
해당 대학 계열(과목) / 문항번호	자연계열(지구과학) / 1번 문항	
출제 범위	고등학교 과목명	과학, 지구과학Ⅱ
	핵심개념 및 용어	대폭발(빅뱅), 허블 법칙, 허블 상수, 우주의 나이
예상 소요 시간	15분 / 총 60분	

2 문항 및 제시문

제시문은 별책 참조

머리털자리 은하단은 '우리은하'로부터 약 100 Mpc 거리에 있다. 이 은하단 중심에 있는 은하 NGC 4874의 우주 팽창에 의한 후퇴 속도는 얼마인지 계산하시오. 허블-르메트르 법칙에 따를 때 '우리은하'와 NGC 4874 사이의 거리가 0 이었던 시점부터 지금까지 흐른 시간, T(단위: 년)는 얼마였을지 산출하고, 왜 허블 상수의 존재가 우주에 시작이 있었다는 것을 의미하는지 논하시오. (참고: $\text{Mpc} \approx 3 \times 10^{22} \text{ m}$, $1\text{년} \approx 3 \times 10^7 \text{ s}$) [10점]

3 출제 의도

[1~2번 문항 공통]

허블 상수의 존재가 우주의 시작이 있었음을 제시한다는 것과 우주의 나이가 허블 상수 뿐 아니라 천체들을 포함한 우주의 에너지의 양에 의해 결정적으로 영향을 받는다는 것을 이해하고 있는지 평가하고자 한다.

4 제시문 출제 근거 (공통)

적용 교육과정	교육과학기술부 고시 제 2011-361호 [별책 9] "과학과 교육과정"	
관련 성취 기준	과목명: 고등학교 과학	관련
	교육과정 내용 고등학교 과학 - 1부. 우주와 생명 - 1. 우주의 기원과 진화 (가) 허블의 법칙을 통하여 우주의 팽창을 이해하고 우주의 나이를 구하는 방법	제시문 (가)

	을 안다.	
성취 기준1	과1211-2. 우주의 팽창을 시간적으로 거슬러 올라가면 우주가 한 점으로부터 탄생되었고 우주의 나이가 있음을 설명할 수 있다.	
성취 기준2	과1211-3. 허블의 법칙을 사용하여 우주의 나이를 구하는 방법을 말하고 계산할 수 있다.	

과목명: 지구과학 II		관련
교육 과정 내용	지구과학 II - (4) 천체와 우주 - (다) 은하와 우주 ④ 허블법칙으로부터 우주가 팽창하고 있음을 이해한다.	제시문 (가)(나)
성취 기준1	지24304-2. 허블상수를 유추해낼 수 있고, 이를 이용하여 우주의 나이를 계산할 수 있다.	

과목명: 지구과학 II		관련
교육 과정 내용	지구과학 II - (4) 천체와 우주 - (다) 은하와 우주 ⑥ 우주의 대부분이 암흑 물질과 암흑 에너지로 이루어져 있음을 안다	제시문 (나)
성취 기준1	지24306. 우주의 대부분이 암흑 물질과 암흑 에너지로 이루어져 있음을 설명할 수 있다.	

과목명: 고등학교 과학		관련
교육 과정 내용	고등학교 과학 - 제1부. 우주와 생명 - (2) 태양계와 지구 (마)지구의 진화 과정을 통하여 지권, 수권, 기권 등과 같은 지구계 각 권의 형성을 이해하고, 지구가 이처럼 특별한 행성임을 태양으로부터의 거리, 간단한 물질의 분자 구조와 관련지어 설명할 수 있다.	제시문 (다)
성취 기준1	과1225-1. 지구의 진화과정을 통해 지권, 수권, 기권 등과 같은 지구계 각 권의 형성 및 각 권간의 상호작용을 설명할 수 있다.	

과목명: 지구과학 I		관련
교육 과정 내용	지구과학 I - (1) 소중한 지구 - (가) 행성으로서의 지구 ①태양계에서 생명체가 살기 위한 조건을 갖춘 유일한 행성으로서 지구의 소중함을 이해한다.	제시문 (다)(라)
성취 기준1	지11101. 태양계에서 생명체가 살기 위한 조건을 갖춘 유일한 행성으로서 지구의 특징을 설명하고 소중함을 깨달을 수 있다.	

과목명: 지구과학 II		관련
교육 과정 내용	지구과학 II - (1) 지구의 구조와 지각의 물질 - (가) 지구의 구조 ①지진파의 종류와 특성을 이해하고, 지진파를 이용하여 알아낸 지구 내부의 구조와 각 층의 특징을 설명할 수 있다.	제시문 (라)
성취 기준1	지21101-1. 지진파의 종류와 특성을 이해하고, 이를 이용하여 밀도에 따른 내부 구조와 각 층의 특징을 설명할 수 있다.	

		과목명: 지구과학 I		관련
교육 과정 내용	지구과학 I - (2) 생동하는 지구 - (가) 고체 지구의 변화			제시문 (마)
	② 풍화 작용의 과학적 원리와 현상을 이해한다.			
성취 기준1	지12102. 풍화 작용의 과학적 원리와 현상을 설명할 수 있다.			
		과목명: 지구과학 I		관련
교육 과정 내용	지구과학 I - (1) 소중한 지구 - (나) 지구의 선물			제시문 (마)
	② 자원으로써 토양의 중요성을 알고, 다양한 토양의 생성 과정 및 토양 유실저하 요인과 이에 대한 방지 대책을 제시한다.			
성취 기준1	지11202-1. 자원으로써 토양의 중요성과 토양의 생성과정을 설명할 수 있다.			

5 지구과학 1번 문항 출제 근거

적용 교육과정	교육과학기술부 고시 제 2011-361호 [별책 9] “과학과 교육과정”				
관련 성취 기준	과목명: 고등학교 과학		관련		
	교육 과정 내용	고등학교 과학 - 제1부. 우주와 생명 - (1) 우주의 기원과 진화			1번 문항
		(가) 허블의 법칙을 통하여 우주의 팽창을 이해하고 우주의 나이를 구하는 방법을 안다.			
	성취 기준1	과1211-2. 우주의 팽창을 시간적으로 거슬러 올라가면 우주가 한 점으로부터 탄생되었고 우주의 나이가 있음을 설명할 수 있다.			
	성취 기준2	과1211-3. 허블의 법칙을 사용하여 우주의 나이를 구하는 방법을 말하고 계산할 수 있다.			
	과목명: 지구과학 II		관련		
	교육 과정 내용	지구과학 II - (4) 천체와 우주 - (다) 은하와 우주			1번 문항
		④ 허블 법칙으로부터 우주가 팽창하고 있음을 이해한다.			
성취 기준1	지24304-1. 허블 법칙을 설명하고 이를 근거로 우주가 팽창하고 있음을 설명할 수 있다.				
성취 기준2	지24304-2. 허블상수를 유추해낼 수 있고, 이를 이용하여 우주의 나이를 계산할 수 있다.				

교과서					
도서명	저자	발행처	발행 년도	쪽수	재구성 여부
과학	김희준 외	상상아카데미	2017	28-31	○

과학	곽영직 외	YBM TEXT	2017	32-37	○
과학	조현수 외	천재교육	2018	21-25	○
과학	오필석 외	천재교육	2017	21-31	○
과학	전동렬 외	미래엔	2017	18-19	○
과학	안태인 외	금성출판사	2017	17-19	○
과학	정완호 외	교학사	2017	22-24	○
지구과학Ⅱ	이태욱 외	교학사	2018	266-268	○
지구과학Ⅱ	최변각 외	천재교육	2017	308-311	○

교과서 외						
자료명(도서명)	작성자(저자)	발행처	발행년도	쪽수	관련 자료	재구성 여부
-	-	-	-	-	-	-

관련 교과서 근거						
도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수	관련 자료	재구성 여부
-	-	-	-	-	-	-

6 문항 해설

허블-르메트르 법칙에서 외부 은하의 후퇴 속도가 은하까지의 거리에 비례한다는 사실을 근거로 거리를 아는 은하의 후퇴 속도를 계산하고, 은하의 후퇴 속도가 일정했다고 가정할 때 허블 상수의 역수를 우주의 나이라고 추론할 수 있는 근거에 대해 설명하도록 요구하는 문항이다

7 채점 기준

하위문항	채점기준	배점
1	<ul style="list-style-type: none"> - NGC 4874의 후퇴 속도 및 우리은하와의 거리가 0이었을 때의 시점을 바르게 산출하였는가? - 허블 상수의 논리를 적용하여 우주의 시작이 있었음을 논리적으로 설명하였는가? <p>▶ (상급 답안)</p> <ul style="list-style-type: none"> - NGC 4874의 후퇴 속도 v와 허블법칙에 근거한 우주나이 T를 산출하고, - 허블 상수의 논리를 서로 다른 거리에 있는 모든 천체 사이에 적용하면, 결국 모든 천체가 한 점에 있던 때, 즉 	10

	<p>우주의 시작이 있었음을 의미한다고 논리적으로 설명한 경우</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ 논리적 정당성과 서술의 명료함에 따라 점수 차등 부여 <p>▶ (중급 답안)</p> <ul style="list-style-type: none"> - v와 T를 산출하지 않았으나, - 허블 상수의 역수가 “허블 시간”, 즉 두 천체의 거리가 0이 되는 시간이라는 교과서 지식을 제시하고, 이를 활용해서 모든 천체가 한 점에 있던 때, 즉 우주의 시작이 있었음을 의미한다고 논리적으로 설명한 경우 <ul style="list-style-type: none"> ▷ 논리적 정당성과 서술의 명료함에 따라 나머지 점수 차등 부여 <p>▶ (하급 답안)</p> <ul style="list-style-type: none"> - v와 T 중 하나만 산출하고 - 나머지 논리적 배경을 불완전하게 서술한 경우 <ul style="list-style-type: none"> ▷ 논리적 정당성과 서술의 명료함에 따라 나머지 점수 차등 부여 	
--	--	--

8 예시 답안

■ 예시답안

NGC 4874의 후퇴 속도 구하기

- 허블 상수는 1 Mpc 떨어진 천체가 70 km/s의 속도로 멀어져 가고 있음을 의미
- 허블-르메트르 법칙 $v(\text{후퇴 속도}) = H(\text{허블 상수}) \times d(\text{거리})$ 를 이용하면,
은하 NGC 4874의 거리는 $d = 100 \text{ Mpc}$ 이고
후퇴 속도는 $v = H \times d = 70 \text{ km/s/Mpc} \times 100 \text{ Mpc} = 7000 \text{ km/s}$ 이다.

우리은하와 NGC 4874가 한 점에 있던 시점부터 지금까지 흐른 시간 구하기

- 허블-르메트르 법칙은 오늘날 우주의 팽창 속도를 제시함
- 현재 속도로 우주가 계속 팽창해 왔다고 가정하여, 100 Mpc 거리의 두 은하의 거리가 0이었던 시점부터 지금까지 걸린 시간 T는

$$\begin{aligned}
 T &= d / v \\
 &= 1 / H \\
 &= (1\text{Mpc}/70 \text{ km}) \text{ s} \\
 &= (3 \times 10^{22} \text{ m} / 70,000 \text{ m}) \text{ s} \\
 &= 4.3 \times 10^{17} \text{ s} / (3 \times 10^7 \text{ s/year}) \\
 &= 143\text{억 년}
 \end{aligned}$$

왜 허블 상수의 존재가 우주에 시작이 있었다는 것을 의미하는가?

- 위 논리는 다른 거리에 있는 모든 천체들에게도 적용됨

- 즉, 모든 천체들이 한 점에 있던 순간이 있었고, 이는 우주의 시작이 있었다는 것을 의미함

■ **입실교사 검토의견**

[범위]

- 고등학교 과학 제1부. 우주와 생명 (1) 우주의 기원과 진화 및 지구과학Ⅱ (4)천체와 우주 (다) 은하와 우주에서 학습하는 은하의 후퇴 속도가 은하까지의 거리에 비례한다는 것과, 허블 상수의 역수를 우주의 나이로 추산할 수 있는 근거는 무엇인지 묻는 문항으로 고등학교 교육과정 범위를 벗어나지 않음.

[수준]

- 고등학교 교육과정의 성취수준 중 단계의 학생은 쉽게 문제를 해결할 수 있는 수준으로 판단됨.

9) 선행학습 영향평가 위원 검토 의견

[제시문 분석]

제시문 [가]는 빅뱅 이론을 구성하는 중요한 법칙인 "허블-르메트르 법칙"의 명명 과정과 허블상수를 비교적 가까운 우주에서 상수로서 간주할 수 있으며 이를 통해 우주의 나이를 유추할 수 있음을 설명하고 있다. 또한 [그림1]의 그래프와 허블상수 값을 제시하여 거리를 알고 있는 은하의 후퇴속도를 계산할 수 있도록 안내하고 있다.

제시문 [나]는 우주의 팽창속도 감소를 연직상방으로 날아가는 총알의 속도가 지구의 중력에 의해 감소하는 것에 비유하여 설명하고 있다.

한편, 제시문 [다]는 원시지구의 형성과정을 간략하게 소개하고 있으며, 제시문 [라]는 지구의 내부구조와 달의 내부구조를 비교하여 설명하고 있으며 [그림2]를 통해 지구 반지름과 지구의 내부구조 등의 정보를 제공하고 있다. 마지막으로 제시문 [마]는 지구의 토양이 형성되는 과정과 성분, 역할 등을 설명하고 있으며 달에도 토양이 존재함을 제시하고 있다.

제시문 [가],[다],[바],[마]의 경우 과학, 지구과학 I, 지구과학Ⅱ 교과서에서 비슷하게 기술되는 내용으로 평이하게 이해할 수 있다.

제시문 [나]의 경우 우주의 밀도와 우주의 미래를 지구의 중력과 발사된 총알에 비유한 설명으로 지구과학Ⅱ 교과 (4)천체와 우주, (다)은하와 우주 단원의 우주의 밀도, 가속 팽창, 암흑에너지 도입의 필요성 등 학습 내용을 잘 숙지하고 있다면 충분히 이해할 수 있는 내용이다.

[문항 1 검토의견]

문항 1은 주어진 허블상수를 이용하여 거리를 알고 있는 은하의 후퇴속도를 계산하는 문제와 허블-르메트르 법칙을 통해 우주의 나이를 계산하는 문제, 식이 의미하는 바를 설명하도록 하는 문제로 구성되어 있다.

문항 1을 풀기 위해 응시자는 [그림1]의 관계를 통해 허블-르메트르 법칙을 유추하고, 우주의 나이를 계산하는 식으로 변형하며 주어진 값을 대입하여 문제를 해결할 수 있다. 이는 교육과정 성취수준 가운데 '중'에 해당한다.

■ 논술전형 지구과학 : 문항카드 21

① 일반정보

유형	■ 논술시험 □ 면접 및 구술고사	
전형명	수시모집 논술전형	
해당 대학 계열(과목) / 문항번호	자연계열(지구과학) / 2번 문항	
출제 범위	고등학교 과목명	고등학교 과학, 지구과학 Ⅱ
	핵심개념 및 용어	대폭발(빅뱅), 허블 법칙, 허블 상수, 우주의 나이
예상 소요 시간	15분/ 총 60분	

② 문항 및 제시문

제시문은 별책 참조

우주에 별, 행성, 은하 등 질량을 가진 천체가 많이 존재한다는 사실을 고려할 때 허블 상수가 먼 과거, 예를 들어 우주의 나이가 지금의 1/10 이었을 때에 같은 값이었을지 논하시오. 단, 암흑 에너지의 효과는 무시할 만한 수준이라고 가정한다. 이 경우 산출되는 우주의 나이와 [문제1]에서 구한 T 중에 어느 것이 더 큰지 논하시오. [10점]

③ 출제 의도

[1~2번 문항 공통]

허블 상수의 존재가 우주의 시작이 있었음을 제시한다는 것과 우주의 나이가 허블 상수 뿐 아니라 천체들을 포함한 우주의 에너지의 양에 의해 결정적으로 영향을 받는다는 것을 이해하고 있는지 평가하고자 한다.

④ 지구과학 2번 문항 출제 근거

적용 교육과정	교육과학기술부 고시 제 2011-361호 [별책 9] “과학과 교육과정”	
관련 성취 기준	과목명: 고등학교 과학	관련
	교육과정 내용 고등학교 과학 - 제1부. 우주와 생명 - (1) 우주의 기원과 진화 (가) 허블의 법칙을 통하여 우주의 팽창을 이해하고 우주의 나이를 구하	2번 문항

	는 방법을 안다.	
성취 기준1	과1211-3. 허블의 법칙을 사용하여 우주의 나이를 구하는 방법을 말하고 계산할 수 있다.	
과목명: 지구과학 II		관련
교육 과정 내용	지구과학 II - (4) 천체와 우주 - (다) 은하와 우주 ④ 허블 법칙으로부터 우주가 팽창하고 있음을 이해한다. ⑥ 우주의 대부분이 암흑 물질과 암흑 에너지로 이루어져 있음을 안다	2번 문항
성취 기준1	지24304-1. 허블 법칙을 설명하고 이를 근거로 우주가 팽창하고 있음을 설명할 수 있다	
성취 기준2	지24304-2. 허블상수를 유추해낼 수 있고, 이를 이용하여 우주의 나이를 계산할 수 있다.	
성취 기준3	지24306. 우주의 대부분이 암흑 물질과 암흑 에너지로 이루어져 있음을 설명할 수 있다.	

교과서						
도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수	재구성 여부	
과학	김희준 외	상상아카데미	2017	28-31	○	
과학	곽영직 외	YBM TEXT	2017	32-37	○	
과학	조현수 외	천재교육	2018	21-25	○	
과학	오필석 외	천재교육	2017	21-31	○	
과학	전동렬 외	미래엔	2017	18-19	○	
과학	안태인 외	금성출판사	2017	17-19	○	
과학	정완호 외	교학사	2017	22-24	○	
지구과학II	이태욱 외	교학사	2018	266-268	○	
지구과학II	최변각 외	천재교육	2017	308-311	○	

교과서 외						
자료명(도서명)	작성자(저자)	발행처	발행년도	쪽수	관련 자료	재구성 여부
-	-	-	-	-	-	-

관련 교과서 근거						
도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수	관련 자료	재구성 여부
-	-	-	-	-	-	-

5 문항 해설

제시문 [나]를 근거로 암흑 에너지의 효과를 무시할 때 우주의 물질 밀도에 의해 우주 팽창 속도가

달라질 수 있음을 추론하고 우주 팽창 속도가 달라질 때 실제 우주의 나이는 현재의 허블 상수의 역수와 비교해 어떻게 달라지는지 추론하도록 요구하는 문항이다.

6 채점 기준

하위문항	채점기준	배점
2	<ul style="list-style-type: none"> - 질량을 가진 우주는 현재보다 과거에 더 빠르게 팽창했을 것을 논리적으로 추론하였는가? - 허블 상수로부터 구한 문제 1의 시간과 질량을 가진 실제 우주의 나이를 바르게 비교하였는가? ▶ (상급 답안) <ul style="list-style-type: none"> - 질량을 가진 우주는 현재보다 과거에 더 빠르게 팽창했을 것이라고 기술하고 - 허블 상수로부터 구한 문제 1의 T는 질량을 가진 실제 우주의 나이에 비해 더 크다고 기술한 경우 ▷ 논리적 정당성과 서술의 명료함에 따라 차등 점수 부여 ▶ (중급 답안) <ul style="list-style-type: none"> - 질량을 가진 우주는 현재보다 과거에 더 빠르게 팽창했을 것이라고 서술하였으나 허블 상수로부터 구한 문제 1의 T가 질량을 가진 실제 우주의 나이에 비해 더 크다고 서술하지 못한 경우 - 또는, 우주의 나이가 허블 상수의 역수로 추산될 수 있다는 것을 바탕으로, 우주의 나이가 지금의 1/10일 때 허블 상수가 지금의 10배 더 클 것이라고만 유추하는 경우 - 또는, 교과서에 있는 “우주의 상대적 크기” 대 “시간” 그림에서, 질량을 가진 우주의 팽창이 오늘보다 과거에 더 빨랐으므로, 허블 상수가 더 컸을 것이라고만 유추하는 경우 ▷ 논리적 정당성과 서술의 명료함에 따라 차등 점수 부여 ▶ (하급 답안) <ul style="list-style-type: none"> - 허블 상수가 과거에 더 컸을 것이라는 논리적 설명을 제시하지 않고 - 허블 상수로부터 구한 문제 1의 시간이 질량을 가진 실제 우주의 나이에 비해 더 크다고도 서술하지 못한 경우 ▷ 나머지 서술의 논리적 정당성과 명료함에 따라 차등 점수 부여 	10

7 예시 답안

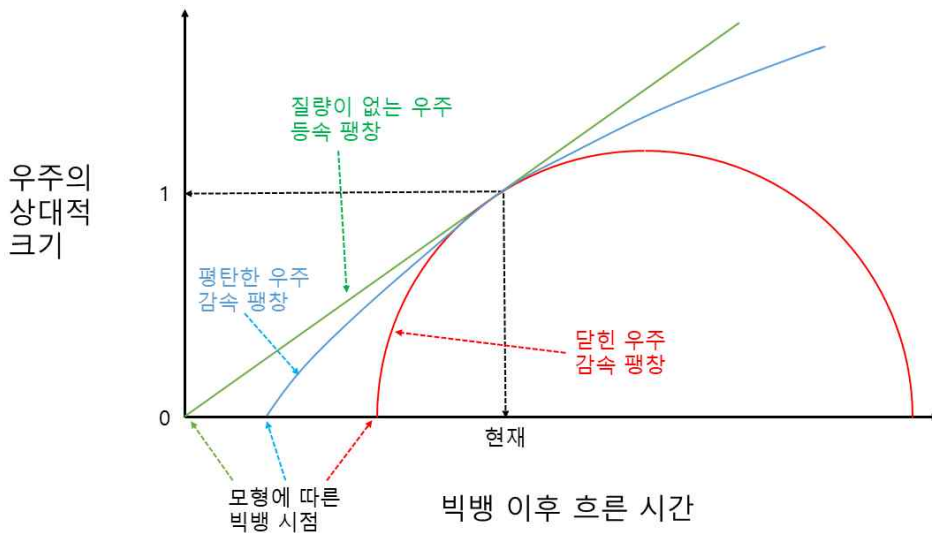
■ 예시답안

우주의 나이가 지금의 1/10일 때의 허블 상수

허블 상수가 제시하는 오늘날의 팽창 속도는 우주에 아무런 질량을 가진 물질이 없다고 가정하는 경우에만 시간에 대해 같은 값으로 유지된다. 지문2의 내용과 같이 지표에서 수직으로 발사된 총알의 속도는 시간에 따라 점점 감소한다. 이 예를 우주 팽창에 적용하고 우주에 질량을 가진 천체가 존재하는 것을 고려하면, 우주 자체의 중력 효과로 인해, 우주의 팽창은 빅뱅(대폭발) 이후 대부분 속도가 감소되어 왔다고 말할 수 있다. 따라서 상대 거리에 대한 후퇴 속도로 정의되는 허블 상수는 우주의 상대적 크기가 더 작고 팽창 속도는 더 컸던 과거에는 더 컸다.

(참고) 중력효과를 거론하지 않고도 감속팽창을 유추할 수 있는 다른 방법

- A) 우주의 나이가 허블 상수의 역수로 추산될 수 있다는 지식을 바탕으로, 우주의 나이가 지금의 1/10일 때 허블 상수가 지금의 10배 더 클 것이라고 유추할 수 있다.
- B) 교과서에 있는 “우주의 상대적 크기” 대 “시간” 그림에서, 질량을 가진 우주의 팽창이 오늘보다 과거에 더 빨랐으므로, 허블 상수가 더 컸을 것이라고 유추할 수 있다.



■ 입실교사 검토의견

[범위]

- 고등학교 과학 제1부. 우주와 생명 (1) 우주의 기원과 진화 및 지구과학Ⅱ (4) 천체와 우주 (다) 은하와 우주에서 학습하는 허블 상수의 역수를 우주의 나이로 추산할 때 필요한 가정에 대해 분석적으로 생각함으로써, 허블 상수에 영향을 미치는 요인과 그 결과 우주의 나이가 어떻게 달라지는지 추론하도록 요구하는 문항으로 고등학교 교육과정 범위를 벗어나지 않음.

[수준]

- 고등학교 교육과정 성취수준 중 이상 단계의 학생으로 유연한 사고를 할 수 있는 학생들은 해결할 수 있는 문항임.

⑧ 선행학습 영향평가 위원 검토 의견

문항 2는 제시문 [나]에 기술된 은하의 후퇴속도를 발사된 총알에 비유하여 중력이 있는 지구에서 총알의 속도가 감소하듯 충분한 질량을 가진 우주에서 은하의 후퇴속도가 감소함을 추론하여 해결할 수 있다. 또한 과거의 허블상수가 컸음을 허블의 법칙을 통해 추론하여 이러한 가정 하에서 과거의 큰 허블상수로 인해 우주의 나이가 적게 측정될 것을 쉽게 유추할 수 있다.

문항 2는 지구과학Ⅱ의 (4)천체와 우주 (다) 은하와 우주 단원의 우주의 밀도와 우주의 미래 관련 내용을 숙지하고 임계밀도의 개념과 기존 우주론에서 예측된 감속팽창, 현재의 관측결과가 의미하는 가속팽창과 암흑에너지의 개념을 충분히 이해한 응시생의 경우에는 해결 가능할 것으로 생각된다. 성취기준 지24306의 성취수준 상에 해당하는 '우주의 구성성분 대부분이 암흑 물질과 암흑 에너지라는 것을 설명할 수 있고, 우주의 구성성분을 알아냄으로써 초기 우주의 팽창 속도를 알아낼 수 있다는 것을 설명할 수 있다.'의 성취수준을 충실히 반영하고 있는 문항이다.

■ 논술전형 지구과학 : 문항카드 22

① 일반정보

유형	■ 논술시험 □ 면접 및 구술고사	
전형명	수시모집 논술전형	
해당 대학 계열(과목) / 문항번호	자연계열(지구과학) / 3번 문항	
출제 범위	고등학교 과목명	고등학교 과학, 지구과학 I, 지구과학Ⅱ
	핵심개념 및 용어	지구계, 지구 자기장, 지구 내부 구조
예상 소요 시간	20분/ 총 60분	

② 문항 및 제시문

제시문은 별책 참조

행성이나 위성에서 자기장의 형성이 금속질의 핵이 특정 상태일 때, 그리고 핵의 반지름이 차지하는 비율이 행성이나 위성 반지름의 약 30% 이상일 때 가능한 것으로 가정하자. 이때 지구와 달에서 핵의 반지름이 차지하는 비율을 근거로 자기장의 형성 유무를 비교하고, 제시문의 내용을 근거로 그러한 비율로 지구와 달의 핵이 형성된 과정을 유추하시오. 단, 달의 전체 평균 밀도는 4.5 g/cm^3 , 달을 구성하는 맨틀의 평균 밀도는 4.4 g/cm^3 , 핵의 평균 밀도는 11 g/cm^3 으로 가정한다. 또한 달 지각의 밀도는 맨틀과 같다고 가정하고, 깊이에 따른 온도와 밀도 변화는 고려하지 않는다.

[참고: $\sqrt[3]{2} \approx 1.3$, $\sqrt[3]{3} \approx 1.4$, $\sqrt[3]{5} \approx 1.7$, $\sqrt[3]{11} \approx 2.2$] [12점]

③ 출제 의도

[3~4번 문항 공통]

지구와 태양계의 다른 천체들이 가진 특징들을 비교하고 분석하며, 이 특징들이 생명체가 살 수 있는 조건과 지표에서의 자원의 생성 과정에 어떠한 차이를 유도할 수 있는지를 논리적으로 유추해내는 능력을 평가하고자 한다.

④ 지구과학 3번 문항 출제 근거

적용 교육과정	교육과학기술부 고시 제 2011-361호 [별책 9] “과학과 교육과정”		
관련 성취 기준	과목명: 고등학교 과학		관련
	교육 과정 내용	고등학교 과학 - 제1부. 우주와 생명 - (2) 태양계와 지구	3번 문항
		(마)지구의 진화 과정을 통하여 지권, 수권, 기권 등과 같은 지구계 각 권의 형성을 이해하고, 지구가 이처럼 특별한 행성임을 태양으로부터의 거리, 간단한 물질의 분자 구조와 관련지어 설명할 수 있다. (사)지구의 핵에 철이 풍부하여 지구가 자전하므로 지구의 자기장과 이온층이 형성됨을 말 할 수 있다.	
	성취 기준1	과1225-1. 지구의 진화 과정을 통해 지권, 수권, 기권 등과 같은 지구계 각 권의 형성 및 각 권 간의 상호작용을 설명할 수 있다.	
	성취 기준2	과1227. 지구의 자기장과 이온층이 생성되는 원리를 설명할 수 있다.	
	과목명: 지구과학 I		관련
	교육 과정 내용	지구과학 I - (1) 소중한 지구 - (가) 행성으로서의 지구	3번 문항
		② 지구계를 구성하는 각 권 내의 현상들(오존층, 자기권 등)이 생명 유지에 기여함을 이해한다.	
	성취 기준1	지11102. 지구계를 구성하는 각 권의 현상들(오존층, 자기권 등)을 구체적으로 이해하고 이를 토대로 생명현상과 연관 지어 설명할 수 있다.	
	과목명: 지구과학 II		관련
교육 과정 내용	지구과학 II - (1) 지구의 구조와 지각의 물질 - (가) 지구의 구조	3번 문항	
	① 지진파의 종류와 특성을 이해하고, 지진파를 이용하여 알아낸 지구 내부의 구조와 각 층의 특징을 설명할 수 있다.		
	③ 지구 자기장의 발생 과정과 성질, 그리고 그 변화를 이해한다.		

성취 기준1	지21101-1. 지진파의 종류와 특성을 이해하고, 이를 이용하여 밀도에 따른 내부 구조와 각 층의 특징을 설명할 수 있다. 지21103. 지구 자기장의 발생 과정과 성질, 지구 자기장의 변화를 설명할 수 있다.
-----------	---

교과서						
도서명	저자	발행처	발행 년도	쪽수	재구성 여부	
과학	김희준 외	상상아카데미	2017	119-123, 125-126	○	
과학	곽영직 외	YBM TEXT	2017	147-151, 157-160	○	
과학	조현수 외	천재교육	2018	95-102, 108-110	○	
과학	오필석 외	천재교육	2017	130-133, 144-147	○	
과학	전동렬 외	미래엔	2017	106-112, 120-122	○	
과학	안태인 외	금성출판사	2017	95-99, 106-108	○	
과학	정완호 외	교학사	2017	111-112, 125-126	○	
지구과학 I	이태욱 외	교학사	2017	15-19	○	
지구과학 I	최변각 외	천재교육	2018	20-21	○	
지구과학 II	이태욱 외	교학사	2018	18-21	○	
지구과학 II	최변각 외	천재교육	2017	14-15, 21-24	○	

교과서 외						
자료명(도서명)	작성자 (저자)	발행처	발행 년도	쪽수	관련 자료	재구성 여부
-	-	-	-	-	-	-

관련 교과서 근거						
도서명	저자	발행처	발행 년도	쪽수	관련 자료	재구성 여부
-	-	-	-	-	-	-

5 문항 해설

문제에서 주어진 조건에 따라 지구와 달에서 핵이 차지하는 비율을 산출하고, 자기장의 형성 유무를 판단하며, 지구와 달에서 핵이 차지하는 비율이 다른 이유를 제시문에서 주어진 태양계와 지구의 형성 과정에 근거하여 논리적으로 추론하도록 요구하는 문항이다.

6 채점 기준

하위문항	채점기준	배점
------	------	----

3	<ul style="list-style-type: none"> - 지구와 달에서 핵의 반지름이 차지하는 비율을 문제에서 주어진 조건에 따라 바르게 산출하였는가? - 지구와 달에서 자기장 생성 유무를 문제에서 주어진 조건에 따라 논리적으로 추론하였는가? - 지구의 핵은 크고 달의 핵이 작은 이유를 제시문의 내용을 바탕으로 논리적으로 추론하였는가? <p>▶ (상급 답안)</p> <p>지구와 달에서 핵의 반지름이 차지하는 비율을 모두 맞게 계산하고 그에 따라 자기장 생성 유무를 맞게 비교한 경우. 또한 충돌 및 무게에 따른 분화와 관련된 내용으로 지구의 핵은 크고 달의 핵이 작은 이유를 논리적으로 설명한 경우</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ 지구와 달의 핵의 반지름 크기(3500 km 와 ~400 km) 혹은 비율(55% 와 24~25%)을 모두 맞게 계산한 경우를 9점으로 시작해서 자기장의 형성 유무와 핵의 크기에 대한 유추의 근거와 논리성에 따라 12점까지 부여 <p>▶ (중급 답안)</p> <p>지구의 핵의 비율을 계산하고 달의 핵의 비율은 일부 과정만 계산한 경우. 또한 자기장 생성 유무를 정성적으로 맞게 비교하고 충돌 및 무게에 따른 분화와 관련된 내용으로 지구의 핵은 크고 달의 핵이 작은 이유를 설명한 경우</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ 달의 핵의 부피 비율(1/66 또는 1.5%)을 맞게 계산한 경우를 5점으로 시작해서 달의 반지름 비율 계산의 정도와 나머지 내용 유추의 근거와 논리성에 따라 8점까지 부여 ▷ 혹은 지구의 경우 액체 상태의 외핵만 분리해서 계산하고, 달의 핵의 부피 비율(1/66 또는 1.5%)을 맞게 계산한 경우를 5점으로 시작해서 달의 반지름 비율 계산의 정도와 나머지 내용 유추의 근거와 논리성에 따라 8점까지 부여 <p>▶ (하급 답안)</p> <p>지구의 핵의 비율(55%)과 달의 반지름(1600 km)만 계산하고 나머지는 정성적 혹은 기존 지식에 근거하여 설명한 경우</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ 지구의 핵의 비율(55%)과 달의 반지름(1600 km)까지만 계산한 경우를 2점으로 시작해서 나머지 설명의 근거와 논리성에 따라 4점까지 부여 	12
---	---	----

7 예시 답안

예시 답안

핵의 반지름이 차지하는 비율을 근거로 지구와 달의 자기장의 형성 유무 비교

- 지구에서 핵의 반지름 비율 구하기

[그림 2]의 내용을 바탕으로, 3500 km/6400 km ~ 0.55

즉, 지구 핵의 반지름은 지구 반지름의 약 55%

- 달에서 핵의 반지름 비율 구하기

먼저 [그림 2]에서 지구의 반지름은 6400 km 이고 제시문 [라]에서 달의 반지름은 지구의 약 25% 크
기라 했으므로,

$$\text{달의 반지름} = 6400 \text{ km} \times 1/4 = 1600 \text{ km}$$

이제 달의 핵의 반지름을 구하기 위하여 문제에서 주어진 밀도의 정보를 이용하여 달의 핵이 차지하
는 부피 비율을 먼저 구한다.

달의 평균 밀도 = (핵의 부피 비율 x 핵의 평균 밀도) + (맨틀과 지각의 부피 비율 x 맨틀과 지각의
평균 밀도)로 표현되며, 이때 달에서 차지하는 핵의 부피 비율 = a 이고 나머지 맨틀과 지각의 부피
비율 = b 라 할 때,

$$4.5 \text{ g/cm}^3 = (a \times 11 \text{ g/cm}^3) + (b \times 4.4 \text{ g/cm}^3)$$

$$a + b = 1 \text{ 혹은 } b = 1 - a$$

위의 두 식을 정리하면

$$4.5 \text{ g/cm}^3 = (a \times 11 \text{ g/cm}^3) + ((1 - a) \times 4.4 \text{ g/cm}^3)$$

$$4.5 \text{ g/cm}^3 = (11 - 4.4 \text{ g/cm}^3)a + 4.4 \text{ g/cm}^3$$

$$0.1 \text{ g/cm}^3 = 6.6 \text{ g/cm}^3 \times a$$

$$\therefore a = 0.1/6.6 = 1/66 (\sim 0.015)$$

따라서 달에서 핵이 차지하는 부피 비율은 전체 달의 1/66 (혹은 약 1.5%) 임

이제 달의 핵의 반지름을 r 이라고 할 때,

(1/66 관계를 사용한 경우)

$$(r/1600)^3 = 1/66$$

$$r^3 = 1/66 \times 1600^3$$

$$r = 1/\sqrt[3]{66} \times 1600 \text{ 이고 } \sqrt[3]{66} = \sqrt[3]{2} \times \sqrt[3]{3} \times \sqrt[3]{11} \text{ 이므로}$$

$$r = 1/(\sqrt[3]{2} \times \sqrt[3]{3} \times \sqrt[3]{11}) \times 1600 = 1/(1.3 \times 1.4 \times 2.2) \times 1600 \sim 400 \text{ km}$$

(혹은 약 1.5% 관계를 사용한 경우)

$$(r/1600)^3 = 15/1000$$

$$r^3 = 15/10^3 \times 1600^3$$

$$r = \sqrt[3]{15/10} \times 1600 \text{ 이고 } \sqrt[3]{15} = \sqrt[3]{3} \times \sqrt[3]{5} \text{ 이므로}$$

$$r = (\sqrt[3]{3} \times \sqrt[3]{5})/10 \times 1600 = (1.4 \times 1.7)/10 \times 1600 \sim 381 \text{ km}$$

따라서 달의 핵의 반지름은 약 400 km(혹은 381 km) 임

이상의 내용을 바탕으로 달에서 핵의 반지름 비율은

$400 \text{ km(혹은 } 381 \text{ km)}/1600 \text{ km} \sim 0.25(\text{혹은 } \sim 0.24)$

즉, 달의 핵의 반지름은 달 반지름의 약 25% (혹은 약 24%)

따라서 지구의 경우 (금속질 철의 상태가 액체인 외핵이 존재하고) 전체 핵이 차지하는 반지름의 비율이 약 55%로 문제에서 가정한 30% 이상이므로 자기장이 형성됨

반면에 달의 경우 (금속질 철의 상태가 고체이고) 핵이 차지하는 반지름의 비율이 약 24~25%로 문제에서 가정한 30% 이하이므로 자기장이 형성되지 않음.

이러한 크기로 지구와 달의 핵이 형성된 과정 유추

제시문 [다]에서 “원시 지구에서는 마그마의 바다가 형성되어 철과 니켈 등 무거운 성분이 가라앉아 핵을 형성했고, 이후 지구가 지구보다 작은 다른 천체와 대규모로 충돌하면서 지구는 지금과 같은 크기가 되었고 달이 만들어졌다”고 하였다. 이 때 원시 지구에서 철과 니켈 등 무거운 성분이 가라앉아 핵을 형성했듯이, 지구보다는 작은 천체가 지구와 충돌했을 때 철과 같은 무거운 성분들은 모행성인 지구에 상대적으로 많이 유입되어 지구의 핵의 크기를 크게 했으며(전체 반지름의 약 55%), 상대적으로 가벼운 잔해들은 지구 주변 궤도에서 집적되어 핵의 비율이 작은 달(전체 반지름의 약 24~25%)을 형성했다고 유추해 볼 수 있다.

(추가적으로 지구는 달에 비해 행성의 크기와 함께 핵의 비율이 크기 때문에 천천히 식게 되어 액체 상태의 외핵과 함께 자기장을 유지시킬 수가 있었음을 설명할 수 있음).

■ 입실교사 검토의견

[범위]

- 고등학교 과학 (2) 태양계와 지구 및 지구과학 I (1)소중한 지구 (가) 행성으로서의 지구, 지구과학 II (1)지구의 구조와 지각의 물질 (가) 지구의 구조에서 학습하는 내용들과 제시문 [라]의 내용을 바탕으로 지구와 달의 반지름을 계산하고, 계산 결과를 근거로 지구와 달에서 자기장의 유무를 판단하는 문제이다. 자기장의 유무와 제시문[다]의 내용을 근거로 지구와 달의 형성 과정을 추론하는 문항으로 고등학교 교육과정 범위를 벗어나지 않음.

[수준]

- 제시문에 제시된 내용과 문제에서 주어진 값들과 가정을 적용하여 충분히 유추 할 수 있는 내용으로 고등학교 교육과정 성취수준 중 이상 단계에 있는 학생으로, 주어진 내용을 분석하여 적용할 수 있는 분석적 사고력을 가진 학생들은 쉽게 해결할 수 있는 문항임.

⑧ 선행학습 영향평가 위원 검토 의견

문항 3은 제시문 [다], [라]에 제시된 태양계 원시행성의 형성과정과 문항에 제시된 달의 평균밀도에 관한 정보를 이용하여 달의 핵이 전체 반지름에 대해 차지하는 비율을 계산하고 자기장의 형성 가능성과 달이 지구에 비해 작은 핵을 갖게 된 과정을 유추하도록 하고 있다.

문항 3에서는 구의 질량을 계산하는 식을 세우고 달의 핵 반지름이 전체 반지름에 대해 차지하는 비율을 산출하는 과정이 핵심적이며 일반적인 고등학교 교육과정에서 학습한 기본적인 수학지식을 갖추고 있다면 어렵지 않게 해결할 수 있는 수준이다. 이를 바탕으로 주어진 조건의 자기장 형성 유무를 유추하고 지문의 태양계 행성의 형성과정에 관한 내용을 토대로 지구와 충돌한 작은 천체의 핵이 지구의 핵과 합쳐지며 지구의 핵이 커지고, 지각과 맨틀성분이 떨어져 나가 핵의 크기가 작은 달이 형성되었다는 것을 논리적으로 유추하는 것은 어렵지 않을 것으로 생각된다.

■ 논술전형 지구과학 : 문항카드 23

① 일반정보

유형	■ 논술시험 □ 면접 및 구술고사	
전형명	수시모집 논술전형	
해당 대학 계열(과목) / 문항번호	자연계열(지구과학) / 4번 문항	
출제 범위	고등학교 과목명	지구과학 I
	핵심개념 및 용어	지구계, 지구 내부 구조, 토양, 풍화 작용
예상 소요 시간	10분/ 총 60분	

② 문항 및 제시문

제시문은 별책 참조

지구와 달의 지표에서 일어나는 풍화 작용의 차이를 설명하고, 이에 따른 토양의 차이점에 대해 논하시오. [8점]

③ 출제 의도

[3~4번 문항 공통]

지구와 태양계의 다른 천체들이 가진 특징들을 비교하고 분석하며, 이 특징들이 생명체가 살 수 있는 조건과 지표에서의 자원의 생성 과정에 어떠한 차이를 유도할 수 있는지를 논리적으로 유추해내는 능력을 평가하고자 한다.

④ 지구과학 4번 문항 출제 근거

적용 교육과정	교육과학기술부 고시 제 2011-361호 [별책 9] “과학과 교육과정”
------------	--

관련 성취 기준	과목명: 지구과학 I		관련
	교육 과정 내용	지구과학 I - (1) 소중한 지구 - (나) 지구의 선물	4번 문항
		② 자원으로서 토양의 중요성을 알고, 다양한 토양의 생성 과정 및 토양 유실저하 요인과 이에 대한 방지 대책을 제시한다.	
	성취 기준1	지11202-1. 자원으로서 토양의 중요성과 토양의 생성과정을 설명할 수 있다.	
	과목명: 지구과학 I		관련
	교육 과정 내용	지구과학 I - (2) 생동하는 지구 - (가) 고체 지구의 변화	4번 문항
② 풍화 작용의 과학적 원리와 현상을 이해한다.			
성취 기준1	지12102. 풍화 작용의 과학적 원리와 현상을 설명할 수 있다.		

교과서					
도서명	저자	발행처	발행 년도	쪽수	재구성 여부
지구과학 I	이태욱 외	교학사	2017	36~38, 102-106	○
지구과학 I	최변각 외	천재교육	2018	40-41, 110-113	○

교과서 외						
자료명(도서명)	작성자 (저자)	발행처	발행 년도	쪽수	관련 자료	재구성 여부
-	-	-	-	-	-	-

관련 교과서 근거						
도서명	저자	발행처	발행 년도	쪽수	관련 자료	재구성 여부
-	-	-	-	-	-	-

5 문항 해설

토양은 암석의 풍화 작용에 의해 형성된다는 것과 풍화 작용은 기계적, 화학적, 생물학적 풍화가 존재함을 알고 지구와 달의 지표 환경의 차이를 비교하여 지구와 달에서 일어나는 풍화 작용이 어떻게 다르며, 그 결과 형성된 토양은 어떻게 다른지 추론하도록 요구하는 문항이다.

6 채점 기준

하위문항	채점기준	배점
------	------	----

4	<ul style="list-style-type: none"> - 지구와 달의 지표 환경을 바르게 비교하였는가? - 지구와 달의 풍화 작용의 차이점을 바르게 비교하였는가? - 지구와 달의 토양의 차이점을 논리적으로 추론하였는가? <p>▶ (상급 답안) 지구와 달의 지표 환경에 물과 공기, 생명체의 존재 유무, 그리고 지구와 달에서 토양의 형성에 작용하는 기계적(물리적), 화학적, 및 생물학적 풍화 작용의 차이를 모두 설명한 경우</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ 공기와 물, 생명체 존재의 유무와 기계적(물리적), 화학적, 생물학적 풍화 작용의 차이를 모두 맞게 설명한 경우를 6점으로 시작해서, 지구와 달에서 진행되는 풍화의 구체적 사례 제시, 지구에서 토양의 생성 과정에 따른 분류(표토, 심토, 모질물, 기반암 등), 달 토양의 특성(암석의 파쇄물) 등 차이점에 대한 설명의 정도에 따라 8점까지 부여 <p>▶ (중급 답안) 지구와 달의 지표 환경에 물과 공기, 생명체의 존재 유무, 그리고 토양의 형성에 작용하는 기계적(물리적), 화학적, 및 생물학적 풍화의 차이의 일부를 설명한 경우</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ 풍화를 일으키는 인자(공기, 물, 생명체)와 풍화의 종류(기계적(물리적), 화학적, 생물학적) 중 일부를 설명한 경우를 3점으로 시작해서 나머지 답안의 완성도에 따라 5점까지 부여 <p>▶ (하급 답안) 풍화의 인자나 종류와 관련 없는 내용을 설명하거나 토양의 생성 과정에 관한 일반적인 내용(깊이에 따른 구성 등)만 설명한 경우</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ 설명의 근거와 논리성에 따라 2점까지 부여 	8
---	--	---

7 예시 답안

■ 예시 답안

제시문 [마]에서 소개된 바와 같이 “토양은 암석이 풍화와 침식을 받으면서 형성되는데” 지구의 경우 공기와 물, 생명체의 존재로 기계적(물리적) 풍화(동결 작용, 박리 작용 등)와 함께 화학적 풍화(장석에서 고령토의 형성 등), 그리고 생물학적 풍화(식물 뿌리 등 생명 활동에 의한 풍화)가 가능하며 그 결과 수분과 유기물, 공극이 함유된 (지표로부터 표토, 심토, 모질물, 기반암의 구성을 갖는) 토양이 형성될 수 있다. 반면에 달의 지표에는 공기와 물이 없기 때문에 달의 토양은 운석 충돌이나 열팽창 및 수축 등에 따른 기계적(물리적) 풍화를 통해 형성되며, 따라서 달의 토양은 유기물이나 물이 없는 암석의 파쇄물에 불과하다고 할 수 있다.

■ **입실교사 검토의견**

[범위]

- 고등학교 지구과학 I (2)생동하는 지구 (가) 고체 지구의 변화에서 학습하는 토양의 생성과정과 풍화 작용의 원리를 지구와 달의 토양에 적용하여 비교 추론하도록 요구하는 문항으로 고등학교 교육과정 범위를 벗어나지 않음.

[수준]

- 고등학교 교육과정의 성취수준 중 단계의 학생은 쉽게 문제를 해결할 수 있는 수준으로 판단됨.

⑧ **선행학습 영향평가 위원 검토 의견**

문항 4는 지표와 달의 표면 환경 차이와 풍화과정의 차이, 그로 인한 토양의 특징을 논리적으로 추론하여 비교하도록 하고 있다.

문항 4의 경우 지구과학 I의 (1)소중한 지구 (나)지구의 선물 단원과 (2)생동하는 지구 (가)고체 지구의 변화 단원에서 학습한 토양의 형성 및 풍화과정을 기상현상과 생명활동이 없는 달의 환경에 적용하였을 때, 어떤 차이점이 발생할지를 논리적으로 추론하여 서술하는 문항으로 토양과 풍화작용에 관하여 이해하고 있는 응시자는 어렵지 않게 답할 수 있을 것으로 생각된다.