

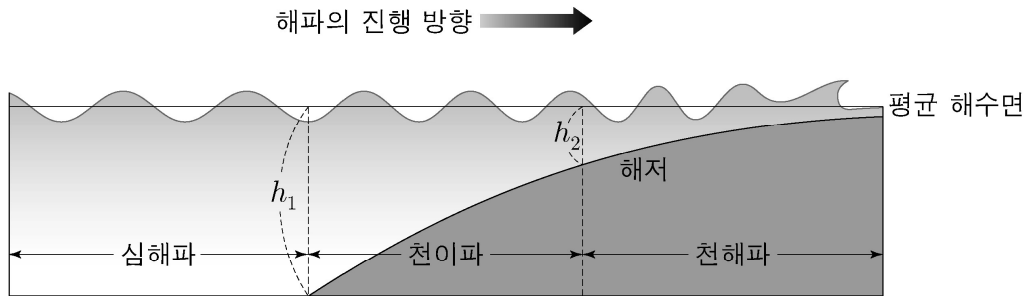
2023학년도 대학수학능력시험 6월 모의평가

지구과학 II 14번

정답 없음 결정 자료

□ 이의신청 문항

14. 그림은 어느 해파가 진행하면서 심해파에서 천해파로 천이되는 모습을 모식적으로 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 일정하다.)

- <보 기>
- ㄱ. h_1 은 h_2 의 10배이다.
 - ㄴ. 심해파의 주기는 파장의 세곱근에 비례한다.
 - ㄷ. 천이파 구간에서 해파의 속도는 수심의 영향을 받지 않는다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

□ 이의신청 내용 요약

- <보기> ㄱ의 진위는 거짓이므로 문항의 정답이 없음.
 - 어느 해파가 심해파에서 천해파로 천이되는 과정에서 파장이 짧아져 h_1 은 h_2 의 10배보다 크므로 <보기> ㄱ의 진위는 거짓임. <보기>에서 진위가 참인 항목은 ㄴ뿐이며, 이에 대한 선택지가 없어 정답 없음으로 처리되어야 함.

□ 이의신청 심사 및 결정

- (이의심사준비위원회) 이의신청 처리 과정에서 중대 사안의 조기 발견 및 대응을 위해 출제에 참여하지 않은 전문가 3인(교수 1인, 교사 2인)이 이의신청 접수 내용을 모니터링하였음.
 - 이의신청 모니터링 위원 3인 모두 이의신청 내용에 대해 검토가 필요한

중대 사안으로 분류하였고, 이에 전문 학회 3곳(한국연안방재학회, 한국지구과학회, 대한지구과학교육학회)과 외부 전문가 5인(교수 3인, 교사 2인)에게 자문을 요청하여 다음과 같은 요지의 회신을 받았음.

- 한국연안방재학회: 심해파와 천해파로 나누는 기준은 분산 관계식에 근거함. 이는 특정 지점에서 진행하는 해파의 파장과 수심과의 관계를 근거로 심해파, 천이파, 천해파를 구분한다는 의미임. 이로 볼 때, 해파가 심해에서 천해로 진행할 때 주기는 일정하게 유지되지만 천이파 구간부터 수심이 감소할수록 파장이 짧아지기 때문에, h_1 은 h_2 의 10배 이상이 됨.
- 한국지구과학회: 해파가 심해에서 천해로 전파하는 과정에서 천이파 구간부터 파장은 짧아지고 전파 속도는 감소하며 진폭은 커지는 특성을 고려하면, h_1 은 h_2 의 10배를 초과함.
- 대한지구과학교육학회: 심해파와 천해파를 구분하는 기준은 특정 지점에서 진행하는 해파의 파장으로 보는 것이 타당함. 천이파 구간부터 해파의 파장이 감소하므로, h_1 은 h_2 의 10배보다 큼.

※ 학회 자문 의견 전체 내용은 첨부 자료 참조

- 전문가 1: 심해파와 천해파로 나누는 기준이 되는 수심과 파장의 관계 중 천해파의 기준이 되는 파장을 무엇으로 볼 것인지에 대한 이의신청임. 문제 상황에서 해파의 파장이 같다는 단서 조건이 없으므로 천해파의 기준이 되는 파장을 특정 지점에서 수심의 영향으로 변화된 해파의 파장으로 해석하는 것이 타당해 보임. 이로 볼 때 <보기> ㄱ의 진위는 거짓으로 보임.
- 전문가 2: 해파가 연안으로 접근함에 따라 파장이 줄어든다는 사실을 고려할 때, h_2 지점이 h_1 지점보다 해파의 파장이 짧아져 h_1 이 h_2 의 10배 이상이 됨.
- 전문가 3: 해파가 천해로 접근할 경우 파고는 높아지고 파장은 짧아지므로 h_1 이 h_2 의 10배 이상이 됨.
- 전문가 4: 어느 해파가 진행되는 문제 상황이므로 동일한 해파가 천해로 접근하면서 파장이 짧아지는 것으로 보아야 함.
- 전문가 5: 동일한 해파가 심해파에서 천이파로 진행할 때 해저면의 영향으로 파장이 감소하므로 h_1 은 h_2 의 10배가 될 수 없음.

- **(이의심사실무위원회)** 위원장 1인, 위원 8인(외부 전문가 5인, 전문 학회 관계자 3인) 등 총 9인이 참여한 이의심사실무위원회에서 학회 자문 의견 및 외부 전문가의 자문 의견을 바탕으로 논의한 결과, 다음과 같은 이유로 이 문항을 ‘정답 없음’으로 결정하였음.

문제 상황에서 심해파와 천해파의 구분 기준이 되는 파장을 ‘해파가 심해에서 발생했을 때의 파장’으로 해석할 것인지, ‘특정 지점에 도달했을 때의 변화된 파장’으로 해석할 것인지에 따라 <보기> ㄱ의 진위가 달라짐. 심해파와 천해파는 ‘특정 지점에서의 수심과 파장의 비율’로 구분하는 것이 과학적으로 타당함. 따라서 <보기> ㄱ의 진위는 참이 될 수 없으므로, 이 문항을 ‘정답 없음’으로 결정함.

- **(이의심사위원회)** 위원장 1인, 위원 9인 등 총 10인*으로 구성된 이의심사위원회에서 이의심사실무위원회의 결론을 심의하여 이 문항을 ‘정답 없음’으로 최종 확정하였음.

* 『수능 출제 및 이의심사제도 개선방안』에 따라 이의심사위원회는 11인으로 구성하였으나, 위원 1인이 소속 기관의 긴급한 공무 발생으로 참석하지 못함.

[첨부 1] 한국연안방재학회 자문 의견서

1. 자문학회명	한국연안방재학회
2. 자문 일시	2022년 6월 13일(월)
3. 참 석 자	[redacted] 교수) [redacted] 교수) [redacted] 부교수) [redacted] 선임연구위원) [redacted] 부교수) [redacted] 부교수) 등 총 6명
4. 자문의뢰 문항	과학탐구 영역 지구과학2 14번

1) 이의신청 내용 관련 지구과학2 14번 문항의 과학적 오류 여부에 대한 자문 의견	
<p>- 학회 의견</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 이의신청 내용이 모두 14번 문항의 <보기> (ㄱ)에 관한 사항이므로, 이에 대한 내용을 중심으로 검토의견을 드립니다. ○ 출제자와 이의신청자 간의 정정사항으로, 출제자의 경우 심해파와 천해파를 나누는 기준으로 사용되는 파장의 값을 심해에서 발생한 파장 값으로 해석했고 이의신청자들은 특정지점에 도달했을 때의 변형된 해파의 파장의 값으로 해석했습니다. 이에 대하여, 본 학회의 검토 의견은 아래와 같습니다. ○ 본 문항은 해양의 자유수면파와 관련된 이론 중 미소진폭파(small amplitude wave: 파장 대비 파고가 매우 작음)를 가정한 선형파 이론에 근거하여 출제된 것으로 파악됩니다. ○ 미소진폭파의 선형파 이론에 의하면, 어느 한 해파가 심해에서 천해로 진행할 때 주기는 일정하다고 가정하며, 파장은 분산관계식(자유수면파의 특성 중 하나)에 의해서 결정됩니다. ○ 분산관계식(Dispersion relation)이란 임의의 수심(h) 지점에서 해파의 주기(T)와 파장(L) (또는 같은 의미로, 주파수($\omega=2\pi/T$)와 파수($k=2\pi/L$)) 사이의 관계를 나타내는 식으로 다음과 같이 표현됩니다. $\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = g\left(\frac{2\pi}{L}\right)\tanh\left(\frac{2\pi}{L}h\right) \text{ ---- (1)}$ 또는 $\omega^2 = gk \cdot \tanh(kh) \text{ ----- (2)}$ ○ 해파를 심해파와 천해파, 그리고 그 사이 천이파로 나누는 기준은 이 분산관계식에 근거합니다. 위 (2)식의 $\tanh(kh)$ 함수는 $kh \rightarrow \infty$일 때 $\tanh(kh) \rightarrow 1$에 수렴하고, $kh \rightarrow 0$일 때 $\tanh(kh) \rightarrow kh$에 접근하는 특성을 갖습니다. ○ 선형파 이론을 다루는 전문서적(참고문헌 참조)에서는, 보통 $kh \approx \pi$ (또는, $h/L \approx 1/2$)이면 $\tanh(kh)$가 1에 충분히 가깝다고 간주하며, $kh \approx \pi/10$ (또는, $h/L \approx 1/20$)이면 $\tanh(kh)$가 kh에 충분히 가깝다고 간주합니다. 	

◦ 이에 따라, 어느 지점에서 해파가 $kh > \pi$ (또는, $h/L > 1/2$)이면 심해파로 간주하고, $kh < \pi/10$ (또는, $h/L < 1/20$)이면 천해파로 간주합니다. 이는 어느 특정지점에서 진행하는 해파의 파장 값과 수심 값의 비례를 근거로 심해파 및 천해파 그리고 천이파를 구분한다는 것을 의미합니다.

◦ 즉, 분산관계식은 천해에서 $\omega^2 = gk^2h$ 로 단순화되어, 천해파의 속도를 $c = \left(\frac{L}{T}\right) = \sqrt{gh}$ 으로 간략하게 표현할 수 있게 됩니다.

◦ 심해파에서는 $\omega^2 = gk$ 로 간략화되어, 심해파의 속도를 $c = \left(\frac{L}{T}\right) = \sqrt{\frac{gL}{2\pi}}$ 으로 단순화시킬 수 있습니다. 또한, 이로부터 심해파의 파장은 $L = \frac{g}{2\pi} T^2$ 으로 표현할 수 있습니다. 이 식에서 보면, 심해에서 해파의 파장은 수심의 영향을 받지 않고 일정하게 유지된다는 사실을 확인할 수 있습니다.

◦ 결론적으로, 어느 한 해파가 심해에서 천해로 진행할 때 주기는 일정하게 유지되지만, 파장은 위 (1) 식으로부터 계산해 보면(수치계산법-뉴턴법) 수심이 감소할수록 짧아진다는 것을 알 수 있습니다.

◦ 따라서, 주어진 14문항의 <보기> (ㄱ)과 관련하여, h_1 에서 파장을 L_1 , 그리고 h_2 에서 파장을 L_2 라고 하면, $h_1 = L_1/2$, $h_2 = L_2/20$ 이므로, $h_1 : h_2 = L_1/2 : L_2/20$ 가 됩니다. 즉,

$$h_1 = 10 \frac{L_1}{L_2} h_2$$

그런데, 여기서 위의 (1)식에 의해서 $L_1 > L_2$ 이므로, h_1 은 h_2 의 10배 이상이 됨을 알 수 있습니다.

- 개인 의견

◦ (없음)

<참고문헌>

Robert G. Dean, and Robert A. Dalrymple, 1984. Water wave mechanics for engineers and scientists. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.

[첨부 2] 한국지구과학회 자문 의견서

1. 자문학회명	한국지구과학회
2. 자문 일시	2022년 6월 10일
3. 참석자	■■■■(■■■대), ■■■■(■■■대), ■■■■(■■■대), ■■■■(■■■대), ■■■■(■■■대)(이상 5명)
4. 자문의뢰 문항	과학탐구영역 지구과학II 14번

1) 이의신청 내용 관련 지구과학2 14번 문항의 과학적 오류 여부에 대한 자문 의견

- 한국지구과학회 의견

○ 본 문항은 open sea에서 생성되어 해안으로 진행하여 천이되는 미소진폭파에 해당하는 해파에 대한 이해를 묻는 문항임.

○ 미소진폭 이론에서 산정된 파장(L)과 파속(C)은 아래의 식과 같음.

$$- L = \frac{g}{2\pi} T^2 \tanh \frac{2\pi h}{L}$$

$$- C = \frac{L}{T} = \sqrt{\frac{gL}{2\pi} \tanh \frac{2\pi h}{L}}$$

○ 중등 교육과정에 근거한 모든 지구과학II 교과서에서는 심해파의 경우 수심이 파장의 1/2보다 깊은 경우($h > 1/2L$), 천해파의 경우는 수심이 파장의 1/20보다 얕은 경우($h < 1/20L$)에 진행하는 파로 정의함.

○ 미소진폭 이론식은 심해파와 천해파에 대해서는 다음과 같이 간략화할 수 있음.

$$- \text{심해파: } L = \frac{g}{2\pi} T^2, C = \frac{g}{2\pi} T$$

$$- \text{천해파: } L = T\sqrt{gh}, C = \sqrt{gh}$$

○ <보기>항목 설명 : (㉠) h_1 은 h_2 의 10배이다.

>> h_1 은 심해파 영역에서 천이파 영역으로 바뀌는 수심(파장의 1/2), h_2 는 천이파 영역에서 천해파 영역으로 바뀌는 수심(파장의 1/20)으로 그림에 표시되어 있는데, 심해파 영역으로부터 천이파 영역을 거쳐 천해파 영역으로 전파하는 과정에서 파장은 점점 짧아지고, 전파속도(위상속도)는 감소하며, 진폭은 점점 커지는 특성을 고려하면, h_1 은 h_2 의 10배를 초과하므로 **옳지 않은 설명**임.

즉 심해파 영역에서는 파장과 수심이 서로 무관하고, 주기에 따라 파장과 전파속도가 결정되며, 천이파 및 천해파 영역에서부터 파장과 전파속도가 수심의 영향을 받아 변화하는데, 이때 파장(및 전파속도, 단, 주기는 일정)은 수심의 제곱근에 비례하므로 수심이 10배 감소해야 파장(및 전파속도)이 10배 짧아지고, 수심이 10배 감소하면 파장(및 전파속도)은 10의 제곱근만큼 짧아짐. 따라서, h_1 이 h_2 의 10배가 되려면 h_1, h_2 가 모두 천해파 영역에 해당하고 파장이 10의 제곱근만큼 변화를 겪어야 하지만, 그림에서 h_1 은 심해파 영역과 천이파 영역의 경계에 해당하므로 해당 수심을 통과하는 해파 파장의 1/2이 되므로 h_2 수심을 통과하는 해파 파장(h_1 수심을 통과하는 해파 파장보다 짧음)의 1/20에 해당하는 h_2 의 10배를 초과해야 함.

○ <보기>항목 설명 : (㉡) 심해파의 주기(T)는 파장의 제곱근에 비례한다.

>> 심해파의 파장(L)과 파속(C)은 각각 $L = \frac{g}{2\pi} T^2$ 임. 따라서 심해파의 경우 수심에 무관하게 주기가 파장의 제곱근에 비례하므로 **옳은 설명**임.

○ <보기>항목 설명 : (ㄷ) 천이파 구간에서 해파의 속도는 수심의 영향을 받지 않는다.

>> 파장과 전파속도가 수심의 영향을 받지 않는 심해파의 경우와 대조적으로 천이파 및 천해파의 경우에는 파장과 전파속도가 수심의 제곱근에 비례하므로 옳지 않은 설명임(단, 주기는 일정).

○ 따라서 해파가 심해파에서 천해파로 천이되는 과정에 대한 설명 중 옳은 것만을 <보기>에서 고르는 것으로서 <보기>에 있는 ㄱ, ㄴ, ㄷ 중에서 옳은 것이 ㄴ 하나뿐이지만, ①~⑤ 중 이에 해당하는 것은 없으므로 정답이 없음.

- 개인의견 : 심의 위원 중 소수의견(이견)이 없음

[첨부 3] 대한지구과학교육학회 자문 의견서

1. 자문학회명	대한지구과학교육학회
2. 자문 일시	2022년 6월 13일
3. 참 석 자	■■■■(■■■대학교), ■■■■(■■■대학교), ■■■■(■■■대학교), ■■■■(■■■대학교), ■■■■(■■■대학교)(이상 5명)
4. 자문의뢰 문항	과학탐구 영역 지구과학2 14번

1) 이의신청 내용 관련 지구과학2 14번 문항의 과학적 오류 여부에 대한 자문 의견

- 학회 의견

- 어느 해파가 진행할 때 천이파 구간에서는 주기는 변하지 않고, 해지면 수심의 영향으로 파장이 감소하고 파속이 느려집니다.

6월 모의평가 지구과학Ⅱ 14번 문항 ㄱ 답지에서 'h₁은 h₂의 10배이다'라는 진술은 '진행하는 해파의 파장이 천이파 구간 동안 일정하다.'는 가정 하에 진술된 것으로 보입니다. 그러나 그 가정은 적절하지 않으며, 천이파 구간에서는 파장이 감소하므로 천이파 구간이 시작하는 곳의 파장을 L₁, 천이파 구간이 끝나는 곳의 파장을 L₂라고 하면, h₁ = (L₁)/2이고, h₂=(L₂)/20 이므로, h₁은 h₂의 10배보다 큼니다. 그러므로 ㄱ 답지의 진술은 '거짓'으로 판단됩니다.

해파가 진행하는 동안 파의 주기는 일정하게 유지되며 'L' 은 진술은 '참'입니다.

- 심해파에서 천해파로 천이하는 구간에서는 해파가 해저면의 영향으로 인해 파장이 감소하고 파의 속도도 수심의 영향을 받으므로 ㄷ 진술은 '거짓'입니다.

따라서 지구과학Ⅱ 14번 문항의 선택지에는 L이 없으므로 이 문항의 정답은 없습니다.

- 심해파와 천이파를 나누는 기준이 되는 수심 = (파장/2) 여기서 파장은 그 지점에서 파장입니다.
천이파와 천해파를 나누는 기준이 되는 수심 = (파장/20) 여기서 파장은 그 지점에서 파장입니다.
그러므로 (의견2) 파장은 특정 점에 도달했을 때 변화된 그 지점에서의 파장입니다.

- 개인 의견

- 없음