

Contents

Schema 14	선후 판단	131
Schema 15	자연수론	136
Schema 16	시냅스	139
Schema 17	막 투과도	146
Schema 18	특수 투과도	147
Schema 19	매개상수	149
Schema 20	벡터 공간	150

Theme 7 근육

1. 골격근	156
2. 골격근의 구조	156
3. 근육 원섬유 마디의 구조	157
4. 근육 수축의 원리(활주설)	157
5. 근수축의 에너지원	158
6. 근수축 단면 변화	159

[근육의 수축]

Schema 1	구조의 이해	162
Schema 2	방향벡터 대응	166
Schema 3	수치적 특성	168
Schema 4	불변량	169
Schema 5	변화량	170
Schema 6	전체 변화량	172
Schema 7	요소 정리	173
Schema 8	비율 관점	175
Schema 9	미지수 도입	176
Schema 10	단면 변화	178
Schema 11	수축 강도	183
Schema 12	변화상수	186
Schema 13	연산 논리	188
Schema 14	길이 그래프	190
Schema 15	여사건 요소	193

Theme 8 신경계

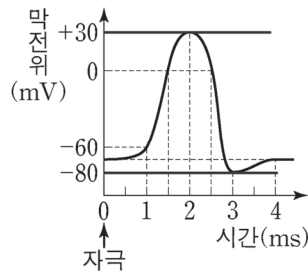
1. 신경계	198
2. 중추 신경계의 구조	200
3. 대뇌	200
4. 뇌사와 식물인간	204
5. 대뇌 기능의 이해	205
6. 소뇌	206
7. 간뇌	207

흥분의 전도 추론형
Schema 5

특수 막전위

[중요도 ★★★]

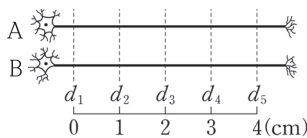
- 막 전위 변화 그래프에서 다른 막전위 값들은 여러 시점과 대응되는 반면
+30mV와 -80mV는 오직 한 시점에서만 나타난다.
- 그에 따라 문제에서 막전위 해석의 기준이 되는 값들로 작용한다.



- 막 전위 변화 그래프에서 다른 막전위 값들은 여러 시점과 대응되는 반면
+30mV와 -80mV는 오직 한 시점에서만 나타난다.
- 특수 막전위에서는 (a, b)에서 b 값이 1 : 1 대응되어 총 경과된 시간($a + b = t$)을 판단할 때, 자극 지점에서는 $a = 0$ 이므로 총 경과된 시간(t)이 b와 같고 자극 지점이 아닌 지점에서는 총 경과된 시간(t)이 b보다는 크다는 정의역 논리를 활용할 수 있다.
- 특정 막전위 그래프에서 특수 막전위는 (a, b)에서 b 값이 1 : 1 대응되므로 특수 막전위 간 간격 비는 속도 비 논리를 활용할 수 있다.

예 A와 B의 속도는 각각 1cm/ms와 2cm/ms 중 하나

㉠, ㉢, ㉤는 -80, -70, +30 중 하나



신경	4ms일 때 막전위(mV)				
	I	II	III	IV	V
A	㉠	?	㉢	?	㉤
B	?	㉤	㉠	㉢	㉤

⇒ ㉢는 -80

⇒ A와 B의 속도는 각각 2cm/ms와 1cm/ms이다.

흥분의 전도 추론형
Schema 5

특수 막전위

[① -80mV]

과분극이 일어난 지점

같은 시점에 막전위를 측정했을 때 막전위가 -80mV인 지점은
막 전위 상 재분극이나 탈분극이 일어난 지점보다 자극 지점이 가까우며,
막 전위 변화 그래프에서 가장 비교의 기준으로 삼기 좋은 값이다.

특수 막전위를 이용하여 지점 간 위치 관계를 해석하면 다음과 같다.

[관계 해석]

지점	I	II
tms일 때 측정된 막전위	-80 mV	x mV

(단, $-70 < x$)

mV은 탈분극, 재분극에 무관하게 -80mV보다 그래프 상 왼쪽에 나타난다.
따라서 I 은 II 보다 자극 지점에 가깝다.

또한 (a , b)에서 b 값이 하나로 결정되어 총 경과된 시간($a + b$)을 판단할 때,
자극 지점에서는 $a = 0$ 이므로 $b = a + b$ 이고
자극 지점이 아닌 지점에서는 총 경과된 시간이 b 보다는 크다는 논리를 활용할 수 있다.

흥분의 전도 추론형
Schema 5

특수 막전위

[② +30mV]

탈분극과 재분극이 구분되는 지점

같은 시점에 막전위를 측정했을 때 막전위가 +30mV인 지점은
막 전위 상 재분극이나 탈분극이 일어난 지점의 중간 지점에 있다.

위 내용을 조금 더 수치적으로 해석하면 다음과 같다.

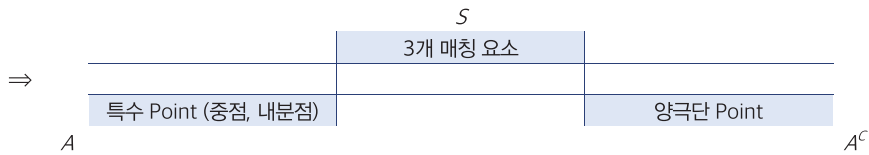
[관계 해석]

지점	I	II	III
같은 시점 t일 때, 측정된 막 전위	+30 mV	x mV	x mV

(단, $-70 < x$)

II와 III의 자극 지점 선후 관계는 추가 조건이 필요하지만

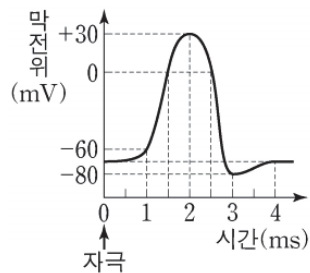
I은 I ~ III 중 자극 지점에서 2번째로 가깝다.



[Remark 2] ① 특정 막전위 그래프에서

탈분극의 0(↗)과 재분극의 0(↘) 모두 +30mV와 0.5ms 간격이다.

그에 따라 0mV와 30mV가 동시에 등장했을 때
탈분극의 0과 재분극의 0을 구분하지 않더라도
+30mV와 0.5ms 차이남을 해석하고 들어갈 수 있다.



막전위 그래프 ①

흥분의 전도 추론형
Schema 5

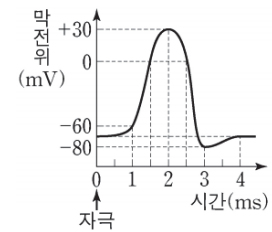
특수 막전위

[③ +30mV, -80mV]

특정 막전위 그래프에서 막전위와 시점이 1:1 대응되는 막전위
두 특수 막전위를 이용하여 지점 간 관계를 해석하면 다음과 같다.

[관계 해석 ①]

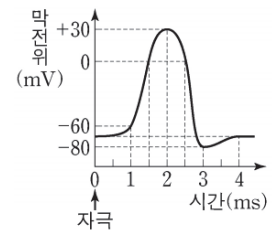
신경 A의 지점	I	II
tms일 때 막전위	-80 mV	+30 mV



-80mV과 +30mV의 막전위 변화 시간 간격은 1ms이다
그에 따라 지점 I 과 II 간 간격을 k라 하면 A의 속도는 kcm/ms이고
I 은 II 보다 자극 지점에 가깝다.

[관계 해석 ②]

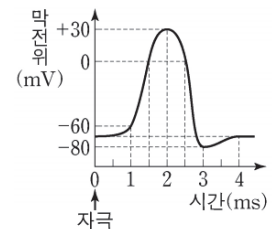
신경 A의 지점	I	II	III (자극 지점)
4ms일 때 막전위	-80 mV	+30 mV	-70mV



I 과 II 간 간격과 I 과 III의 간격은 동일하고 (\therefore I 은 II와 III의 중점)
I 은 II 보다 자극 지점에 가깝다.

[관계 해석 ③]

신경 A의 지점	I	II	III	IV (자극 지점)
4ms일 때 막전위	-80	?	+30	-70
5ms일 때 막전위	?	+30	?	-70



자극 지점 IV으로부터 거리 비 I : III : II = 1 : 2 : 3 지점이 존재해야 하고
그렇지 않으면 시냅스에 의해 시간 지연이 일어난다.

흥분의 전도 추론형
Schema 9

동일한 막전위 값

[중요도 ★★★]

- 동일한 막전위 값은 같은 신경 내에서 나타날 수 있고 다른 신경에서 나타날 수도 있다.
같은 신경 내에서는 지점 간 비교 (탈재 판단) 또는 대칭성
다른 신경 간에는 속도 비교 (탈재 판단) 또는 속도비 = 거리비 가 출제 의도이다.

- 동일한 특수 막전위가 가로에 두 번 나타날 경우 대칭성의 지표이고
나타난 지점 간 중점 (활동 전위 변화량이 동일한 지점) 이 자극 지점이다.

- 탈분극이 일어난 지점의 막전위 값은 ↗
재분극이 일어나는 지점의 막전위 값은 ↘로 표기해서 구분하자.

- 다른 신경에서 뒤 시간이 동일한 막전위 값이 나타날 경우

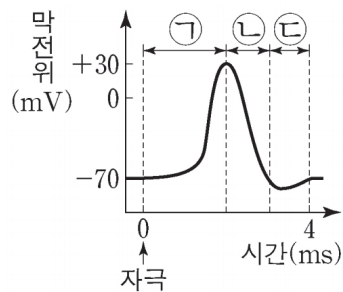
$$\text{전도 속도} = \frac{\text{해당 지점까지의 거리}}{\text{전도 시간}} = \frac{\text{해당 지점까지의 거리}}{\text{경과된 시간(S)-막전위 시간(A)}} \text{ 이고}$$

분모 값이 일정하므로 속도비 = 거리비가 성립한다.

1) 신경 내 비교

탈분극(㉠)과 재분극(㉡) 구간에서

같은 가로선 위에 있는 동일한 막전위 값이 두 번씩 나타난다.



가로 내에서 같은 막전위가 동시에 나타날 경우

탈분극이 일어난 지점의 막전위 값은 ↗

재분극이 일어나는 지점의 막전위 값은 ↘로 표기해서 구분하자.

신경	4ms일 때 측정된 막전위(mV)			
	I	II	III	IV
A	-80	0 ↗	?	0 ↘
B	0	-60	?	?

흥분의 전도 추론형
Schema 13

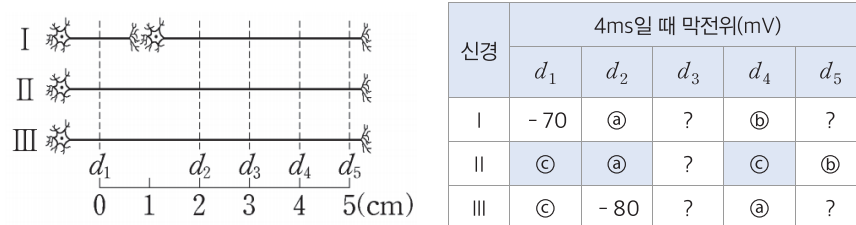
대칭성

[중요도 ★★★]

- 자극을 **신경의 중간 지점**에 주었을 경우 시냅스 유무를 고려하지 않는다면 자극 지점으로부터 **같은 거리에 있는 양쪽 두 지점은 막전위 값이 동일하게** 나타난다.

즉, 자극 지점으로부터 대칭인 지점은 활동 전위 진행량이 동일하므로 자극 지점으로부터 대칭성이 존재하는지 신경 그림을 통해 판단할 수 있어야하고 역으로 대칭성의 존재를 통해 자극 지점의 위치를 추론할 수 있어야 한다.

예



d_2 로부터 d_1 과 d_4 는 떨어진 거리가 동일하므로 막전위 값이 동일하게 나타난다.

특수 막전위(예 +30, -80)의 경우 가로(신경 내)에서 두 번 나타나면 대칭성의 지표이고 일반 막전위(예 0, -60)의 경우 가로(신경 내)에서 세 번 나타나면 대칭성의 지표이다.

예 2024학년도 미출제 Point ⇒ 2024학년도 9월 평가원 출제

신경	4ms일 때 막전위(mV)				
	I	II	III	IV	V
A	-40	?	+30	-80	-80
B	?	-60	-80	?	-80

A에서 -80과 -80이 동시에 나타나므로 IV와 V의 중점이 A의 자극 지점이다.

B에서 -80과 -80이 동시에 나타나므로 III과 V의 중점이 A의 자극 지점이다.

예 미출제 Point

신경	4ms일 때 막전위(mV)				
	I	II	III	IV	V
A	+30	?	?	-60	-80
B	0	0	-70	?	0

B에서 0이 3군데에서 나타나므로 I, II, V의 재분극, 탈분극 여부를 판단한 후 정확히 활동 전위 진행량이 동일한 두 지점 간 중점이 자극 지점이다.

시냅스

[중요도 ★★★]

- 일반적으로 전도 속도는 전달 속도보다 빠르다. 그에 따라 시냅스 유무에 따라 문항 논리가 달라질 수 있다.
- 일반적으로 전달 속도가 전도 속도와 다르다는 논리가 직접 사용되어 시냅스가 없다면 모순되는 곳을 찾아 여기에 시냅스가 있을 것이라라는 논리가 많이 활용되나 시냅스의 특성을 활용하여 시냅스의 위치를 직접 추론하는 문항이 출제되기도 한다.



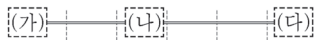
- 출제된 평가원 시냅스 위치 추론 문항의 경우 '시냅스가 없는 위치'를 통해 여사건으로 시냅스 위치가 결정되기도 하고, '시냅스가 있는 위치'를 통해 나머지 시냅스가 없는 위치가 여사건으로 결정되기도 한다.

특이 Point(정상적으로 나타나지 않는 시간 상황)를 찾을지, 시냅스가 없는 정상적 상태인 조건을 찾을지는 자료마다 다르나 '여사건' 논리가 가능하다는 것을 기억하자.

- 한 신경 내에서 시냅스를 구성하는 두 개의 뉴런의 속도가 동일하게 주어질 경우 시냅스가 없는 상황과 비교하여 간격 차($+\alpha$)를 알아낼 수 있다.
- 한 신경 내 시냅스가 1개 존재하는 *Setting*에서 동일한 특수 막전위 간 내분점에 자극 지점이 존재할 수 있고 자극 지점과 가까운 지점과 자극 지점 사이에 시냅스가 존재한다.
- 시냅스의 특징은 ① 시간 지연($+\alpha$) ② 단방향 전달이다.
⇒ 미매칭 구간에서 양방향으로 전달이 일어나면 시냅스가 없다.

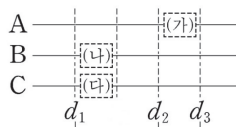
- **[미출제]** 가지 돌기와 축삭 돌기의 위치를 숨겨 주어진 다른 정보를 토대로 흥분 전도 방향을 질문하는 문항이 출제될 수 있다.

[가지 돌기 vs 축삭 돌기 추론형]



- **[미출제]** (가) ~ (다) 중 시냅스의 개수를 조건에 제시하지 않아 모든 위치에 대해 시냅스 유무를 판별해야 하거나 흥분 전도 방향을 질문하는 문항이 출제될 수 있다.

[시냅스 직접 추론형]

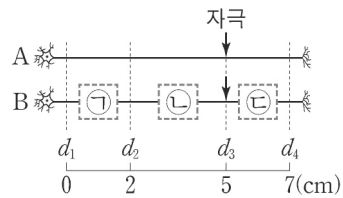


흥분의 전도 추론형
Schema 16

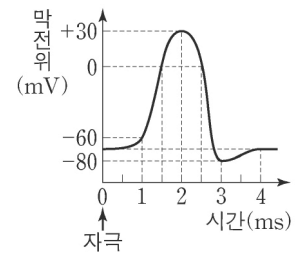
시냅스

예

그림은 민말이집 신경 A와 B의 지점 $d_1 \sim d_4$ 의 위치를 나타낸 것이다. B는 2개의 뉴런으로 구성되어 있고, ㉠~㉣ 중 한 곳에만 시냅스가 있다. 표는 A와 B의 d_3 에 역치 이상의 자극을 동시에 1회 주고 경과된 시간이 t_1 일 때 $d_1 \sim d_4$ 에서의 막전위를 나타낸 것이다. I ~ IV는 $d_1 \sim d_4$ 를 순서 없이 나타낸 것이다. B를 구성하는 두 뉴런의 흥분 전도 속도는 1cm/ms로 같다.



신경	t_1 일 때 측정된 막전위(mV)			
	I	II	III	IV
A	-80	0	?	0
B	0	-60	?	?

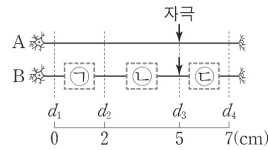


㉠~㉣ 중 시냅스의 위치를 결정하시오.

흥분의 전도 추론형
Schema 16

시냅스

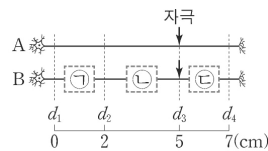
[해설]



신경	t_1 일 때 측정된 막전위(mV)			
	I	II	III	IV
A	-80	0	?	0
B	0	-60	?	?

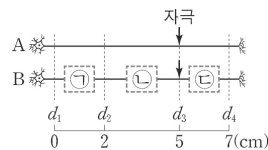
I에 -80mV가 있으므로 II와 IV는 I보다 자극 지점과 멀리 떨어져 있다. 자극 지점에서의 막전위 변화가 가장 많이 진행되므로 두 신경 간 막전위 값이 동일한 자극 지점의 후보는 III 뿐이다.

또한 자극 지점 d_3 과 가장 가까운 지점은 d_4 이므로
A의 I, II, IV 중 가장 막전위 변화가 많이 일어난 d_4 가 I이다.



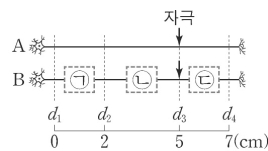
신경	t_1 일 때 측정된 막전위(mV)			
	d_4	II	d_3	IV
A	-80	0	?	0
B	0	-60	?	?

A에서 2cm 이동하는 동안 막전위 변화는 0mV에서 0mV까지 1ms 일어났으므로
A의 흥분 전도 속도는 2ms이다.



신경	t_1 일 때 측정된 막전위(mV)			
	d_4	II	d_3	IV
A	-80	0	?	0
B	0	-60	?	?

A의 d_4 의 시간 양상은 (1, 3)으로 결정되고 t_1 은 4ms로 결정된다.



신경	t_1 일 때 측정된 막전위(mV)			
	d_4	II	d_3	IV
A	-80	0	?	0
B	0	-60	?	?

B를 구성하는 두 뉴런의 흥분 전도 속도는 1cm/ms로 같으므로
만약 ㉠에 시냅스가 없다면 2cm를 2ms 동안 이동하므로 B의 d_4 에 대응되는
막전위 값이 +30mV가 나와야 한다. 이는 주어진 자료에 모순이므로 시냅스는 ㉠에 있다.

[정답]

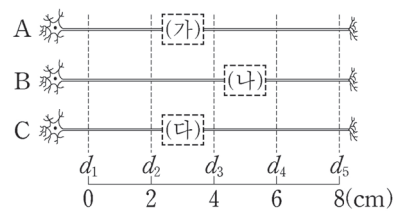
시냅스는 ㉠에 있다.

흥분의 전도 추론형
Schema 16

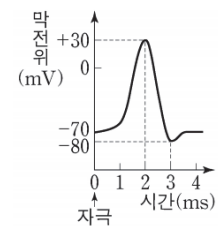
시냅스

예

그림은 A와 B의 지점 $d_1 \sim d_5$ 의 위치를, 표는 A~C의 P에 역치 이상의 자극을 동시에 1회 주고 경과된 시간이 4 ms일 때 $d_1 \sim d_5$ 에서의 막전위를 나타낸 것이다. P는 $d_1 \sim d_5$ 중 하나이고, (가)~(다) 중 두 곳에만 시냅스가 있다. I ~ III은 $d_2 \sim d_4$ 를 순서 없이 나타낸 것이다. A~C 중 2 개의 신경은 각각 두 뉴런으로 구성되고, 각 뉴런의 흥분 전도 속도는 ③로 같다. 나머지 1 개의 신경의 흥분 전도 속도는 ⑥이다. ③과 ⑥는 서로 다르다.



신경	4ms일 때 막전위(mV)				
	d_1	I	II	III	d_5
A	?	?	+30	+30	?
B	+30	-70	?	+30	?
C	?	?	?	-80	+30

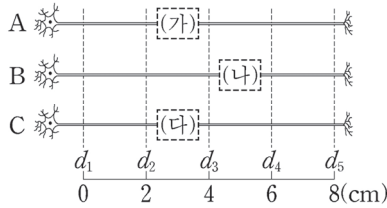


⑥는?

흥분의 전도 추론형
Schema 16

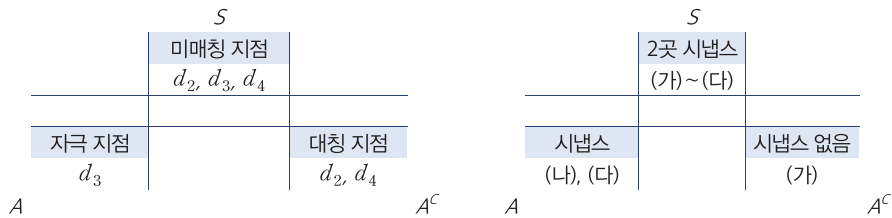
시냅스

[해설]

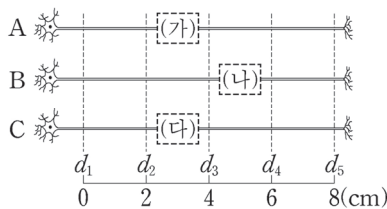


신경	4ms일 때 막전위(mV)				
	d_1	I	II	III	d_5
A	?	?	+30	+30	?
B	+30	-70	?	+30	?
C	?	?	?	-80	+30

동일한 특수 막전위가 가로에 2번 나타나므로 다음을 알 수 있다.



- ① II와 III은 대칭인 지점인 d_2 와 d_4 중 하나이다.
- ② (가)에는 시냅스가 없다.
- ③ (나)와 (다)에 시냅스가 있다.
- ④ 자극 지점 P는 I (d_3)이다



신경	4ms일 때 막전위(mV)				
	d_1	I	II	III	d_5
A	?	?	+30	+30	?
B	+30	-70	?	+30	?
C	?	?	?	-80	+30

B와 C는 2개의 뉴런으로 구성되고 특수 막전위를 고려했을 때
각 뉴런의 흥분 전도 속도는 2cm/ms임을 알 수 있고
A의 흥분 전도 속도는 1cm/ms임을 알 수 있다.

[정답]

㉞는 1cm/ms이다.

근육의 수축 계산형 Algo (rithm)

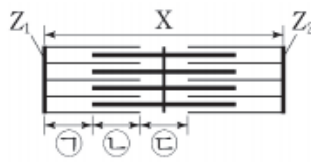
근수축 계산형 문항을 푸는 기본 뼈대는 다음과 같다.

1st 방향벡터(화살표) 대응

주어진 정보가 어떤 지점에 대응되는지 확인한다.

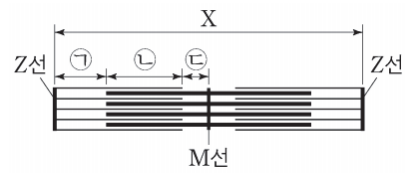
즉, ㉠, ㉡, ㉢의 정체성에 대해 확인하고 적절히 방향벡터를 대응한다.

보통은 다음과 같이 ㉠, ㉡, ㉢이 특정 구역에 대응된다.



23, 24, 25, 26학년도 수능

㉠은 ↓, ㉡은 ↑, ㉢은 ↓↓



22학년도 9평

㉠은 ↓, ㉡은 ↑, ㉢은 ↓

2nd 요소 정리

알고 있는 Schema들을 활용하여 적절히 요소 정리한다.

이때 활용할 수 있는 표는 다음과 같다.

	수축 방향성	길이			
		X	㉠	㉡	㉢

각각의 칸에는 각각 다음이 들어간다.

	수축 방향성	길이			
		X	㉠	㉡	㉢

t_1 , t_2 와 같은 시점이나 F_1 , F_2 와 같은 힘이 들어간다.

근육이 수축함에 따른 변화의 시점을 나타내는 칸이다.

근육의 수축 계산형
Algo (rithm)

	수축 방향성	길이			
		X	㉠	㉡	㉢
t_1					
t_2					

수축 방향이 t_1 에서 t_2 인지, t_2 에서 t_1 인지 (필요하다면) 표기한다.

	수축 방향성	길이			
		X	㉠	㉡	㉢
t_1					
t_2					

㉠, ㉡, ㉢에 각각 어떤 화살표(방향벡터)가 대응되는지 기입하거나 머리로 생각한다.

	수축 방향성	길이			
		X	㉠	㉡	㉢
		↓	↓	↑	↓
t_1	↓				
t_2					

X의 길이나 ㉠+㉡+㉢와 같이 문제에서 필요로 하는 전체 관점 미지수의 방향성을 적는다.

	수축 방향성	길이			
		X	㉠	㉡	㉢
		↓	↓	↑	↓
t_1	↓				
t_2					

방향벡터의 크기, 수축 방향에 맞게 적절히 자료를 정리한다. (선지에서 필요한 요소 위주)

[요소 정리 완료]

시점	㉠-㉡	X의 길이	㉠	㉡	㉢
	㉢	↓	↓	↑	↓
t_1	$\frac{5}{8}$	$3.4\mu\text{m}$	0.9	0.4	0.8
t_2	$\frac{1}{2}$	$3.2\mu\text{m}$	0.8	0.5	0.6
t_3	$\frac{1}{4}$	$L(3.0\mu\text{m})$	0.7	0.6	0.4

시점	㉠	X의 길이	㉠	㉡	㉢
	㉢	↓	↓	↑	↓
t_1	$\frac{2}{3}$	L (24)	4	5	6
t_2	$\frac{3}{4}$? (22)	3	6	4

25학년도 수능

26학년도 수능