

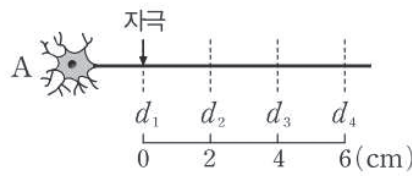
흥분 전도

01.

순서 없이의 해석

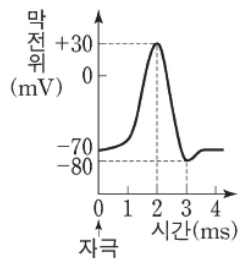
다음은 민말이집 신경 A의 흥분의 전도에 대한 자료이다.

- 그림은 A의 d_1 지점으로부터 $d_2 \sim d_4$ 까지의 거리를, 표는 ㉠A의 d_1 지점에 역치 이상의 자극을 1회 주고 경과된 시간이 $t_1 \sim t_3$ 일 때 $d_1 \sim d_4$ 에서 측정된 막전위를 나타낸 것이다. I~IV는 각각 $d_1 \sim d_4$ 에서 측정된 막전위 중 하나이고 ㉠~㉤은 -60, -80, +30을 순서 없이 나타낸 것이다. $t_1 \sim t_3$ 중 2ms가 있다.



시간	측정한 막전위(mV)			
	I	II	III	IV
t_1	-70	㉠	㉡	㉢
t_2	㉣	㉤	㉠	?
t_3	㉠	-70	㉢	?

- A에서 흥분의 전도는 1회 일어났으며, 흥분의 전도 속도는 2cm/ms이다. A의 $d_1 \sim d_4$ 에서 활동 전위가 발생하였을 때 각 지점에서의 막전위 변화는 그림과 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 휴지 전위는 -70mV이다.)

— <보 기> —

- ㄱ. t_2 는 4ms이다.
- ㄴ. III은 d_2 에서 측정된 막전위이다.
- ㄷ. ㉠가 5ms일 때, A의 d_3 에서 재분극이 일어나고 있다.

[Comment 1] 시간의 분류

경과된 시간에 따른 특정 막전위 값은 (a, b)으로 분류할 수 있다.
 이때 a는 흥분 전도 시간(앞 시간)을, b는 막전위 변화 시간(뒷 시간)을 의미한다.

[Comment 2] 순서 없이의 해석

조건에서 “순서 없이”가 등장할 경우 다음과 같이 해석할 수 있다.

1) 존재성

㉠~㉣이 각각 -60, -80, +30과 1:1 대응되지는 않지만
 적어도 ㉠~㉣에 -60, -80, +30이 각각 있다는 것을 알 수 있다.

시간	측정한 막전위(mV)			
	I	II	III	IV
t_1	-70	㉡	㉠	㉣
t_2	㉠	㉣	㉡	?
t_3	㉡	-70	㉣	?

d_1, d_2, d_3, d_4 가 등간격으로 존재하므로
 -60, -80, +30 사이 뒷 시간 차도 등차수열로 나타나야 한다.

따라서 -60은 (?, 1)이다.

2) 여사건

㉠~㉣을 각각 관찰할 수도 있지만 (A)
 ㉠~㉣을 제외한 칸을 관찰할 수 있어야 한다. (A^c)
 또한 ㉡과 ㉣에 대해 압축된 경우 여사건인 ㉠을 알아낼 수 있다.

시간	측정한 막전위(mV)			
	I	II	III	IV
t_1	-70	㉡	㉠	㉣
t_2	㉠	㉣	㉡	?
t_3	㉡	-70	㉣	?

2ms인 시점에서는 4개의 지점 중 2개의 지점에는 -70mV가 나타나야 한다. ㉠~
 ㉣이 없는 칸이 2칸 이상 나타나는 시점이 t_3 뿐이므로
 t_3 는 2ms이고 t_3 일 때 IV에서 나타나는 막전위는 -70mV이다.

흥분 전도

[Comment 3] 순서 없이의 해석 (2)

2ms에서 자극 지점의 막전위는 (0, 2)이므로 +30mV로 나타난다.
 또한 2ms에서 d_1 의 막전위는 (1, 1)이므로 -60mV로 나타난다.
 따라서 ㉠과 ㉡은 +30mV과 -60mV를 순서 없이 나타낸 것이다.

∴ ㉢은 -80mV이다.

시간	측정한 막전위(mV)			
	I	II	III	IV
t_1	-70	㉠	㉡	㉢
t_2	㉣	㉤	㉥	?
t_3	㉦	-70	㉧	?

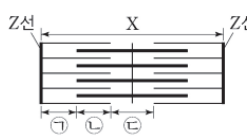
3) 요소 간 변화

㉠~㉢을 각각 관찰할 수도 있지만
 ㉠~㉢의 합, 차, 변화를 관찰하도록 문제에서 요구할 수도 있다.

[대표 기출 - 21학년도 수능]

16. 다음은 골격근의 수축 과정에 대한 자료이다.

- 그림은 근육 원섬유 마디 X의 Z선 구조를 나타낸 것이다. X는 좌우 대칭이다.
- 구간 ㉠은 액틴 필라멘트만 있는 부분이고, ㉡은 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트가 겹치는 부분이며, ㉢은 마이오신 필라멘트만 있는 부분이다.
- 골격근 수축 과정의 시점 t_1 일 때 ㉠~㉢의 길이는 순서 없이 ㉠, $3d$, $10d$ 이고, 시점 t_2 일 때 ㉠~㉢의 길이는 순서 없이 ㉠, $2d$, $3d$ 이다. d 는 0보다 크다.



(근수축 문항에서 순서 없이의 자세한 해석은 15번에 있습니다.)

[Comment 4] 변수 상수 판단

흥분 전도 추론 문항에서 가장 처음 행해야 할 행동은
 변수와 상수의 판단이다.

해당 문항에서는 A의 속도가 2cm/ms로 결정되어 있고
 지점 간 거리도 결정되어 있으므로 지점 간 이동하는 데
 1ms가 걸린다는 사실을 도출해낼 수 있고

t_1 ms에서 모든 막전위가 채워져 있는 것
 2ms라는 시점 정보가 결정되어 있는 것 등 결정된 정보(상수)를 통해 문제의 시작
 점을 잡아나갈 수 있다.

[Comment 5] 순서 없이의 해석 (3)

순서 없이 주어진 모든 요소가 있을 경우, 가로 비교나 세로 비교가 가능하다.

시간	측정한 막전위(mV)			
	I	II	III	IV
t_1	-70	Ⓛ	㉠	㉡
t_2	㉠	㉡	Ⓛ	?
t_3	Ⓛ	-70	㉡	?

t_3 는 2ms이고 -60, -80, +30 사이 뒤 시간 차는 1씩 나므로 t_2 와 t_1 은 각각 3ms와 4ms 중 하나이다.

[Comment 6] 여사건의 관점

2ms에서 자극 지점의 막전위는 (0, 2)이므로 +30mV로 나타난다.
 또한 2ms에서 d_1 의 막전위는 (1, 1)이므로 -60mV로 나타난다.
 따라서 Ⓛ과 ㉡은 +30mV과 -60mV를 순서 없이 나타낸 것이다.

시간	측정한 막전위(mV)			
	I	II	III	IV
t_1	-70	Ⓛ	㉠	㉡
t_2	㉠	㉡	Ⓛ	?
t_3	Ⓛ	-70	㉡	?

∴ ㉠은 -80mV이다.
 ∴ 자극 지점은 I or III이다.

[Comment 7] 시점의 판단

3ms에서 자극 지점의 막전위는 (0, 3)이므로 -80mV로 나타난다.

시간	측정한 막전위(mV)			
	I	II	III	IV
t_1	-70	Ⓛ	-80	㉡
t_2	-80	㉡	Ⓛ	?
t_3	Ⓛ	-70	㉡	?

t_3 는 2ms이고 t_2 는 I의 -80mV으로 보아 3ms 이상임을 알 수 있다.
 이때 Ⓛ과 ㉡은 +30mV과 -60mV를 순서 없이 나타낸 것이므로 t_3 에서 t_2 보다 막전위 변화가 일어날 수 있는 시간이 더 길기 때문에 ㉡이 -60mV, Ⓛ이 +30mV이다.

-60mV와 +30mV는 1ms 차이므로 t_2 는 3ms이다.

흥분 전도

[Comment 8] 지점의 판단

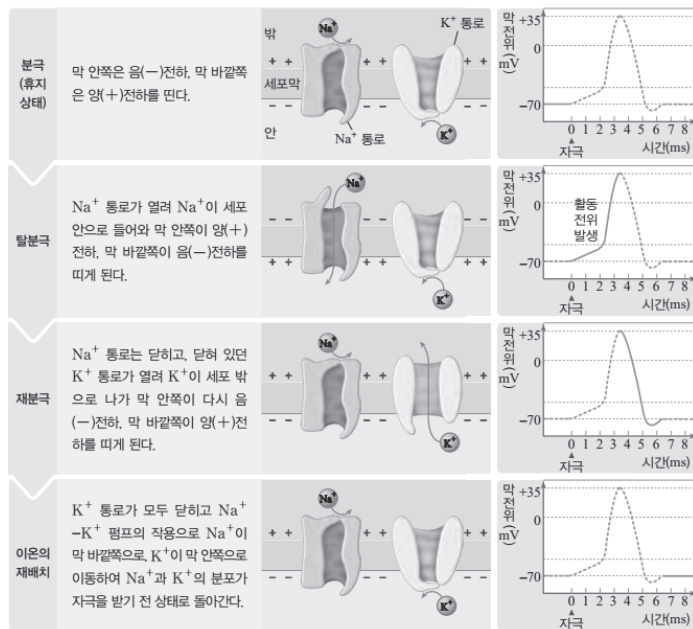
3ms에서 (0, 3) = -80mV, 2ms에서 (0, 2) = +30mV인 I이 자극 지점 d_1 이다.

시간	측정한 막전위(mV)			
	I	II	III	IV
t_1	-70	+30	-80	-60
t_2	-80	-60	+30	?
t_3	+30	-70	-60	?

4ms인 t_3 을 기준으로 (1, 3)인 III이 d_2 , (2, 2)인 II가 d_3 , (3, 1)인 IV가 d_4 이다.

[Comment 9] 재분극의 정의

과분극이 일어나는 막전위는 재분극에 포함된다.



[Comment 10] 선지 판단

ㄱ. t_2 는 3ms이다. (×)

ㄴ. III은 d_2 에서 측정된 막전위이다. (○)

ㄷ. ㉠가 5ms일 때, A의 d_3 에서 재분극이 일어나고 있다. (○)

㉠가 5ms일 때, A의 d_3 의 시간 분포는 (2, 3)이므로 재분극이 일어나고 있다.

답은 ㄴ, ㄷ이다.



유전 현상

41.

순수 다인자

다음은 사람의 유전 형질 (가)에 대한 자료이다.

- (가)는 4 쌍의 대립유전자 A와 a, B와 b, D와 d, E와 e에 의해 결정되며, A, a, B, b, D, d는 3번 염색체에, E, e는 9번 염색체에 있다.
- (가)의 표현형은 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자의 수에 의해서만 결정되며, 이 대립유전자의 수가 다르면 표현형이 다르다.
- (가)의 표현형이 서로 같은 P와 Q 사이에서 ①가 태어날 때, ①에게서 나타날 수 있는 표현형은 최대 7가지이고, ①의 표현형이 부모와 같을 확률과 ①의 유전자형이 AABbDdEe일 확률은 $\frac{1}{8}$ 로 같다.

①가 유전자형이 AaBbddEe인 사람과 동일한 표현형을 가질 확률은? (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.)

[Comment 1] 다인자 유전

22학년도 6월 평가원 문항처럼 순수 다인자 유전 유형이 평가원에 등장할 수 있다.

[대표 기출 - 22학년도 6평]

14. 다음은 사람의 유전 형질 (가)에 대한 자료이다.

- (가)는 서로 다른 2개의 상염색체에 있는 3쌍의 대립유전자 A와 a, B와 b, D와 d에 의해 결정되며, A, a, B, b는 7번 염색체에 있다.
- (가)의 표현형은 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립 유전자의 수에 의해서만 결정되며, 이 대립유전자의 수가 다르면 표현형이 다르다.
- (가)의 표현형이 서로 같은 P와 Q 사이에서 ①가 태어날 때, ①에게서 나타날 수 있는 표현형은 최대 5가지이고, ①의 표현형이 부모와 같을 확률은 $\frac{3}{8}$ 이며, ①의 유전자형이 AABbDD일 확률은 $\frac{1}{8}$ 이다.

①가 유전자형이 AaBbDd인 사람과 동일한 표현형을 가질 확률은? (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.)

- ① $\frac{1}{8}$ ② $\frac{1}{4}$ ③ $\frac{3}{8}$ ④ $\frac{1}{2}$ ⑤ $\frac{5}{8}$

[정답] ②

[Comment 2] 표현형 종류의 해석

특정 표현형이 등장할 확률에 대한 비율관계는 0이 포함되지 않은 붙어 있는 비율관계와 0이 포함된 벌어진 비율관계로 분류할 수 있다.

따라서 총 차이는 적어도 **표현형 가짓수 - 1**보다 같거나 크다.

예를 들어 표현형 종류가 최대 5가지이면 총 차이는 4보다 같거나 크고 표현형 종류가 최대 7가지이면 총 차이는 6보다 같거나 크다.

유전 현상

[Comment 3] 표현형 확률의 해석

표현형이 부모와 같을 확률을 통해 비율관계를 역추론할 수 있다.
 예를 들어 인인과 인반의 교배에서는 다음과 같은 비율관계가 등장한다.

	상인상인	상인상반
연관 상태	A a	A a
	B b	B b
	D d	d D
	E e	E e
	$x^3 + 1$	$x^2 + x$
표기	차이 있음 대문자 차이 3	차이 있음 대문자 차이 1
	$x + 1$	$x + 1$
	차이 있음 대문자 차이 1	차이 있음 대문자 차이 1
다항식	$(x^3 + 1)(x^2 + x)(x + 1)(x + 1)$	
수식	$\triangle 3 \times 1 + \triangle 1 \times 3$	

[종류 표]

자손 최대 표현형 가지 수	7종류						
	표현형 대문자 개수	1	2	3	4	5	6
표현형 간 비 (상댓값)	1	3	3	2	3	3	1
상댓값의 합	16						
내포된 의미 ①	대문자 수 차이가 있는 상동 염색체 쌍 수가 4쌍						
내포된 의미 ②	표현형이 갖는 최대 대문자 차이 6 = 부모가 갖는 차이의 총합						

[Comment 4] 유전자형 확률의 해석

특정 유전자형이 등장할 확률 조건이 주어질 경우

- 1) 특정 유전자형의 존재성
- 2) 가능한 조합 가지수

와 같이 염색체 지도를 채우는 조건으로 활용할 수 있다.

[Comment 5] 중앙값

부모의 표현형이 같고, 어떤 자손의 ㉠ 표현형이 부모와 같을 확률을 질문할 때, ㉠은 중앙값이다.

	상인상인	상인상반
연관 상태	A a	A a
	B b	B b
	D d	d D
	E e	E e
	부모의 표현형	4
다항식	$(x^3 + 1)(x^2 + x)(x + 1)(x + 1)$	
수식	$\triangle 3 \times 1 + \triangle 1 \times 3$	

[종류 표]

자손 최대 표현형 가짓 수	7종류						
	표현형 대문자 개수	1	2	3	4	5	6
표현형 간 비 (상댓값)	1	3	3	2	3	3	1
상댓값의 합	16						
내포된 의미 ①	대문자 수 차이가 있는 상등 염색체 쌍 수가 4쌍						
내포된 의미 ②	표현형이 갖는 최대 대문자 차이 6 = 부모가 갖는 차이의 총합						

[Comment 6] 정답

비율 관계는 다음과 같다.

자손 최대 표현형 가짓 수	7종류						
	표현형 대문자 개수	1	2	3	4	5	6
표현형 간 비 (상댓값)	1	3	3	2	3	3	1

따라서 답은 $\frac{3}{16}$ 이다.

42.

단일 인자 유전

다음은 사람의 유전 형질 ㉠~㉣에 대한 자료이다.

- ㉠은 대립유전자 A와 a에 의해, ㉡은 대립유전자 B와 b에 의해 결정된다.
- 표 (가)와 (나)는 ㉠과 ㉡에서 유전자형이 서로 다를 때 표현형의 일치 여부를 각각 나타낸 것이다.

㉠의 유전자형		표현형 일치 여부
사람 1	사람 2	
AA	Aa	○
AA	aa	×
Aa	aa	×

(○: 일치함, ×: 일치 안 함)

(가)

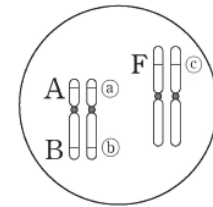
㉡의 유전자형		표현형 일치 여부
사람 1	사람 2	
BB	Bb	?
BB	bb	×
Bb	bb	×

(○: 일치함, ×: 일치 안 함)

(나)

- ㉣은 1 쌍의 대립유전자에 의해 결정되며, 대립유전자에는 E, F, G가 있고, E는 F, G에 대해, F는 G에 대해 각각 완전 우성이다.

- 그림은 남자 P의 체세포에 들어 있는 일부 염색체와 유전자를 나타낸 것이다. ㉠은 A와 a 중 하나, ㉡은 B와 b 중 하나, ㉢은 E, F, G 중 하나이다.



- ㉠~㉣의 표현형이 각각 서로 다른 남자 P와 여자 Q 사이에서 ㉠과 ㉡가 태어날 때, ㉠의 유전자형이 AaBBEG일 확률과 (가)~(나)의 표현형이 모두 P와 같은 자녀 ㉢가 태어날 확률은 $\frac{1}{16}$ 로 같다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이는 고려하지 않으며, A, a, E, F, G 각각의 1개당 DNA 상대량은 1이다.)

— <보 기> —

- ㄱ. ㉡의 표현형은 BB인 사람과 Bb인 사람이 서로 다르다.
- ㄴ. Q에서 a, B, G를 모두 갖는 남자가 형성될 수 있다.
- ㄷ. P과 Q 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이의 (나)의 유전자형이 FF일 확률은 $\frac{1}{4}$ 이다

[Comment 1] 단일 인자 유전(단대립 유전 + 복대립 유전)

22학년도 수능 문항처럼 복대립 유전과 중간 유전, 완전 우성 유전을 엮은 유형이 평가원에 등장할 수 있다.

[대표 기출 - 22학년도 수능]

16. 다음은 사람의 유전 형질 ㉠~㉣에 대한 자료이다.

○ ㉠은 대립유전자 A와 a에 의해, ㉡은 대립유전자 B와 b에 의해 결정된다.

○ 표 (가)와 (나)는 ㉠과 ㉡에서 유전자형이 서로 다를 때 표현형의 일치 여부를 각각 나타낸 것이다.

㉠의 유전자형		표현형
사람 1	사람 2	일치 여부
AA	Aa	?
AA	aa	×
Aa	aa	×

(가) (○: 일치함, ×: 일치하지 않음)


㉡의 유전자형		표현형
사람 1	사람 2	일치 여부
BB	Bb	?
BB	bb	×
Bb	bb	×

(나) (○: 일치함, ×: 일치하지 않음)

○ ㉢은 1쌍의 대립유전자에 의해 결정되며, 대립유전자에는 D, E, F가 있다.

○ ㉢의 표현형은 4가지이며, ㉢의 유전자형이 DE인 사람과 EE인 사람의 표현형은 같고, 유전자형이 DF인 사람과 FF인 사람의 표현형은 같다.

○ 여자 P는 남자 Q와 ㉠~㉣의 표현형이 모두 같고, P의 체세포에 들어 있는 일부 상염색체와 유전자는 그림과 같다.



○ P와 Q 사이에서 ㉠이 태어날 때, ㉠의 ㉠~㉣의 표현형 중 한 가지만 부모와 같을 확률은 $\frac{3}{8}$ 이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.) [3점]

<보 기>

ㄱ. ㉡의 표현형은 BB인 사람과 Bb인 사람이 서로 다르다. ㄴ. Q에서 A, B, D를 모두 갖는 정자가 형성될 수 있다. ㄷ. ㉠에게서 나타날 수 있는 표현형은 최대 12가지이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

[정답] ⑤

[Comment 2] 퍼넷의 활용

단일 인자 유전에서는 퍼넷을 적절히 활용할 수 있다.

P의 생식 세포	좌	우
Q의 생식 세포		
좌	좌좌	좌우
우	우좌	우우

유전 현상

[Comment 3] 조건 해석

22학년도 수능 문항과 같이 마지막 조건을 통해 많은 정보를 추출해낼 수 있다.

- 1) P와 Q는 ㉠~㉣의 표현형이 각각 서로 다르다.
- 2) ㉡의 유전자형이 AaBb일 경우는 4가지 중 1가지만 가능해야 한다.
- 3) ㉢의 유전자형이 EG일 경우는 4가지 중 1가지만 가능해야 한다.
- 4) ㉠과 ㉣의 표현형이 모두 P와 같은 자녀 ㉤가 태어날 경우의 수는 4가지 중 1가지만 가능해야 한다.
- 5) ㉣의 표현형이 모두 P와 같은 자녀 ㉤가 태어날 경우의 수는 4가지 중 1가지만 가능해야 한다.

위 5가지 조건을 모두 만족해야 한다.

[Comment 4] 퍼넷 작성

㉢의 유전자형이 AaBb인 경우가 가능하므로 퍼넷은 다음과 같이 채울 수 있다.

P의 생식 세포 Q의 생식 세포	AB	㉡㉢
ab	AaBb	좌우
⊗	우좌	우우

이때 P와 Q는 ㉠의 표현형이 서로 다르므로 ⊗는 a를 가져야 하고
 ㉢의 유전자형이 AaBb일 경우는 4칸 중 1칸만 채워져야 하므로
 ⊗는 aB이다.

P의 생식 세포 Q의 생식 세포	AB	㉡㉢
ab	AaBb	좌우
aB	AaBB	우우

Q의 유전자형은 aaBb이고 P는 Q의 표현형인 [Bb]와 다른 표현형을 가져야하므로
 P의 표현형은 [B]이고 ㉢는 B이다.

이때 ㉢의 유전자형이 AaBb일 경우는 4칸 중 1칸만 채워져야 하므로
 ㉡는 a이다.

P의 생식 세포 Q의 생식 세포	AB	aB
ab	AaBb	aaBb
aB	AaBB	aaBB

따라서 P의 유전자형은 AaBB이다.

[Comment 5] 퍼넷 작성 (2)

㉠의 유전자형이 EGIN 경우가 가능하므로 퍼넷은 다음과 같이 채울 수 있다.

P의 생식 세포 Q의 생식 세포	㉡	F
㉢	EG	좌우
㉣	우좌	우우

이때 ㉡가 E이면 표현형이 [E]에 해당하는 칸이 퍼넷 사각형 중 2칸을 차지하게 되어 ㉢의 표현형이 모두 P와 같은 자녀 ㉣가 태어날 경우의 수는 4가지 중 1가지만 가능해야 한다는 조건에 모순이다.

따라서 ㉡는 G이고, ㉢는 E이다.

P의 생식 세포 Q의 생식 세포	G	F
E	EG	좌우
㉣	우좌	우우

㉣의 표현형이 {F}인 자녀 ㉣가 태어날 경우의 수는 4가지 중 1가지만 가능해야 하므로 이를 만족시키려면 “우우”에 해당하는 칸만 [F]이어야 한다.

따라서 ㉣는 G이다.

[퍼넷 완성]

P의 생식 세포 Q의 생식 세포	AB	aB
ab	AaBb	aaBb
aB	AaBB	aaBB

P의 생식 세포 Q의 생식 세포	G	F
E	EG	EF
G	GG	FG

[Comment 6] 선지 판단

- ㄱ. ㉣의 표현형은 BB인 사람과 Bb인 사람이 서로 다르다. (○)
- ㄴ. Q에서 a, B, G를 모두 갖는 난자가 형성될 수 있다. (○)
- ㄷ. P과 Q 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이의 (다)의 유전자형이 FF일 확률은 0이다. (×)

답은 ㄱ, ㄴ이다.