



# SURREAL

완자 / 특수 상대성 이론

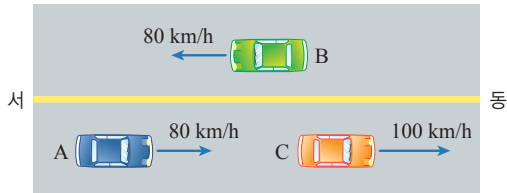




# 내신 만점 문제

## A 특수 상대성 이론의 기본 원리

**01** 그림은 직선 도로에서 등속도 운동을 하는 세 자동차 A, B, C의 속력과 운동 방향을 나타낸 것이다.



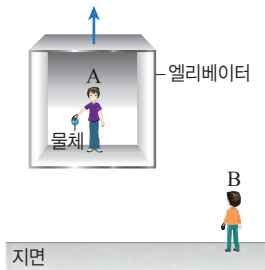
세 자동차의 운동에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. A에 대한 B의 상대 속도는 서쪽으로 160 km/h이다.
- ㄴ. A에 대한 C의 상대 속도는 동쪽으로 180 km/h이다.
- ㄷ. A와 C 사이의 거리는 점점 가까워진다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ

**02** 그림은 내부를 들여다볼 수 있는 엘리베이터가 지면 근처에서 등속도 운동을 할 때, 엘리베이터 안의 관찰자 A가 물체를 가만히 놓는 모습을 지면의 정지한 관찰자 B가 관찰하는 모습을 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 공기 저항은 무시한다.)

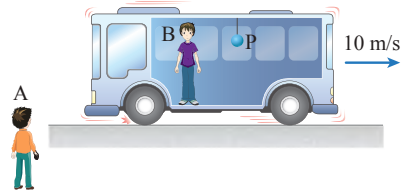


보기

- ㄱ. A의 좌표계는 관성계이다.
- ㄴ. A가 관찰할 때, 물체는 자유 낙하 운동을 한다.
- ㄷ. B가 관찰할 때, 물체의 운동은 뉴턴 운동 법칙이 적용되지 않는다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**중요 03** 그림은 수평인 직선 도로에서 관찰자 A에 대해 10 m/s의 속력으로 등속도 운동을 하는 버스를 나타낸 것이다. 버스 안에는 관찰자 B가 정지해 있고, B의 관성계에서 실로 연결된 물체 P는 정지해 있다.



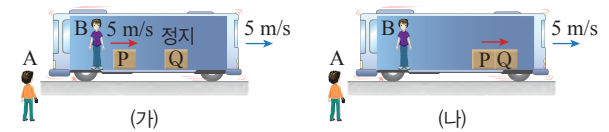
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. B의 관성계에서, P에 작용하는 알짜힘은 0이다.
- ㄴ. 실이 P를 당기는 힘의 크기는 A의 관성계에서 B의 관성계에서보다 작다.
- ㄷ. P의 속력은 A의 관성계에서 B의 관성계에서보다 크다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ                ⑤ ㄱ, ㄷ

**04** 그림 (가)는 수평면에 정지해 있는 관찰자 A에 대해 관찰자 B가 탄 버스가 5 m/s의 속력으로 등속도 운동을 하는 것을 나타낸 것으로, B의 관성계에서 물체 P는 정지해 있는 물체 Q를 향해 5 m/s의 속력으로 등속도 운동을 한다. 그림 (나)는 P와 Q가 충돌한 후 한 덩어리가 되어 등속도 운동을 하는 것을 나타낸 것이다. P, Q의 질량은 각각 2 kg, 3 kg이다.

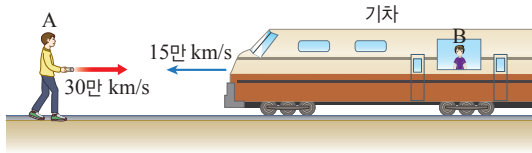


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고르시오. (단, 모든 마찰은 무시한다.)

보기

- ㄱ. A의 관성계에서, P와 Q의 운동량의 총합은 (가)에서와 (나)에서가 같다.
- ㄴ. (나)의 A의 관성계에서, Q의 속력은 7 m/s이다.
- ㄷ. B의 관성계에서, P의 운동량의 크기는 (가)에서와 (나)에서가 같다.

**05** 그림과 같이 지면에 정지해 있는 관찰자 A가 다가오는 기차를 향해 레이저 빛을 쏘았다. A가 측정했을 때 빛의 속력은 30만 km/s로 일정하고, 기차의 속력은 지면에 대해 15만 km/s로 일정하다.

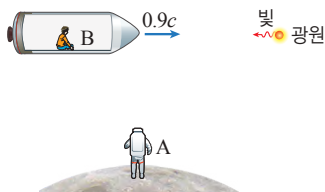


이때 기차에 탄 관찰자 B가 측정한 A가 쏜 레이저 빛의 속력은?

- ① 5만 km/s                      ② 15만 km/s
- ③ 20만 km/s                  ④ 30만 km/s
- ⑤ 45만 km/s

**B 특수 상대성 이론에 의한 현상과 영향**

**06** 그림과 같이 관찰자 A에 대해 관찰자 B가 탄 우주선이 광원을 향해  $0.9c$ 의 속력으로 등속도 운동을 하고 있다. 광원에서는 B를 향해 빛을 방출한다.



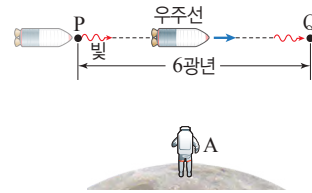
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단,  $c$ 는 빛의 속력이다.)

**보기**

- ㄱ. B의 관성계에서, A의 속력은  $0.9c$ 이다.
- ㄴ. B의 관성계에서, 빛의 속력은  $1.9c$ 이다.
- ㄷ. A의 관성계에서, A의 시간은 B의 시간보다 느리게 간다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄷ                ⑤ ㄴ, ㄷ

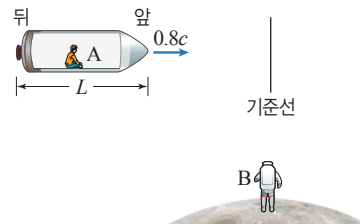
**중요** **07** 그림은 관찰자 A에 대해 우주선이 점 P에서 점 Q까지 등속도 운동을 하는 것을 나타낸 것이다. A의 관성계에서, P, Q는 정지해 있다.



다음은 A의 관성계에서 관측한 내용이다. A의 관성계에서, 우주선의 속력을 구하시오. (단,  $c$ 는 빛의 속력이고, 1광년은 빛이 1년 동안 진행한 거리이다.)

- P와 Q 사이의 거리는 6광년이다.
- 우주선은 P를 지나는 순간 Q를 향해 빛을 방출한다.
- 우주선이 P에서 방출한 빛은 우주선보다 1년 먼저 Q에 도달한다.

**08** 그림과 같이 관찰자 A가 탄 우주선이 관찰자 B에 대해  $0.8c$ 의 속력으로 등속도 운동을 한다. B의 관성계에서, 기준선은 정지해 있고 우주선의 길이는  $L$ 이며 우주선의 앞이 기준선을 지난 순간부터 우주선의 뒤가 기준선을 지날 때까지 걸린 시간은  $T$ 이다.



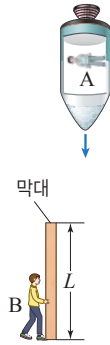
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단,  $c$ 는 빛의 속력이다.)

**보기**

- ㄱ. A의 관성계에서, 우주선의 길이는  $L$ 보다 크다.
- ㄴ. A의 관성계에서, 기준선이 우주선의 앞을 지난 순간부터 뒤를 지날 때까지 걸린 시간은  $T$ 보다 작다.
- ㄷ. B의 관성계에서, A의 시간은 B의 시간보다 느리게 간다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄷ                ⑤ ㄴ, ㄷ

**09** 그림은 관찰자 A가 탄 우주선이 광속에 가까운 속력으로 관찰자 B를 향해 운동하는 것을 나타낸 것이다. 막대에 대해 정지해 있는 B가 측정할 막대의 길이는  $L$ 이다. B의 관성계에서 A가 탄 우주선의 운동 방향은 막대에 나란하다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

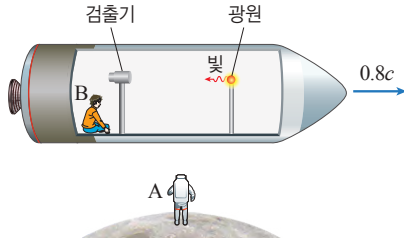


**보기**

- ㄱ. 막대의 고유 길이는  $L$ 보다 크다.
- ㄴ. A가 측정할 막대의 길이는  $L$ 보다 작다.
- ㄷ. B가 측정할 때, A의 시간은 B의 시간보다 느리게 간다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄷ                ⑤ ㄴ, ㄷ

**10** 그림은 관찰자 A에 대해 관찰자 B가 탄 우주선이  $0.8c$ 의 속력으로 등속도 운동을 하는 것을 나타낸 것이다. 우주선에 정지해 있는 B가 측정할 때, 빛이 광원에서 검출기까지 이동하는 데 걸린 시간은  $T$ 이다. A의 관성계에서, 우주선의 운동 방향은 광원과 검출기를 잇는 직선과 나란하다.



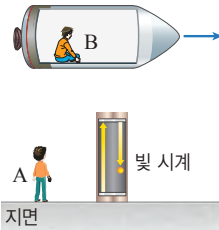
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단,  $c$ 는 빛의 속력이다.)

**보기**

- ㄱ. 광원과 검출기 사이의 거리는 A의 관성계에서와 B의 관성계에서보다 크다.
- ㄴ. 광원에서 나온 빛이 검출기에 도달할 때까지 걸린 시간은 A의 관성계에서와 B의 관성계에서보다 작다.
- ㄷ. A의 관성계에서 광원에서 나온 빛의 속력은  $1.9c$ 이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ                ⑤ ㄴ, ㄷ

**중요** **11** 그림은 지면에 정지해 있는 관찰자 A에 대해 관찰자 B가 탄 우주선이 광속에 가까운 속력으로 등속도 운동을 하는 것을 나타낸 것이다. 빛 시계는 지면에 정지해 있다. 표는 A, B가 측정할 빛 시계에서의 물리량을 나타낸 것이다.



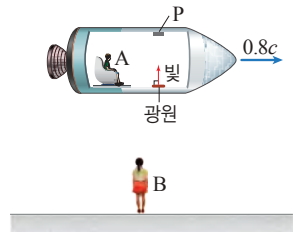
구분	빛이 왕복하는 데 걸리는 시간	빛이 왕복하는 동안 진행된 거리
A	$T_A$	$L_A$
B	$T_B$	$L_B$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고르시오. (단,  $c$ 는 빛의 속력이다.)

**보기**

- ㄱ.  $T_A < T_B$ 이다.
- ㄴ.  $L_A = L_B$ 이다.
- ㄷ.  $\frac{L_A}{T_A} = \frac{L_B}{T_B}$ 이다.

**12** 그림과 같이 관찰자 A가 탄 우주선이 관찰자 B에 대해  $0.8c$ 의 속력으로 등속도 운동을 한다. A의 관성계에서, 우주선의 바닥에 고정된 광원에서 연직 방향으로 방출된 빛이 검출기 P까지 도달하는 데 걸린 시간은  $T$ 이다.



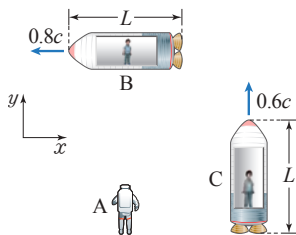
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단,  $c$ 는 빛의 속력이다.)

**보기**

- ㄱ. 광원과 P 사이의 거리는 A의 관성계에서와 B의 관성계에서가 같다.
- ㄴ. 광원에서 방출된 빛이 P까지 진행한 거리는 A의 관성계에서와 B의 관성계에서보다 작다.
- ㄷ. B의 관성계에서, 광원에서 방출된 빛이 P까지 도달하는 데 걸린 시간은  $T$ 보다 크다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**중요** 13 그림은 관찰자 A에 대해 우주선 B, C가 각각  $-x$ 방향,  $+y$ 방향으로 등속도 운동을 하는 것을 나타낸 것이다. A의 관성계에서, 우주선의 운동 방향으로의 길이는  $L$ 로 같고 B, C의 속력은 각각  $0.8c$ ,  $0.6c$ 이다.

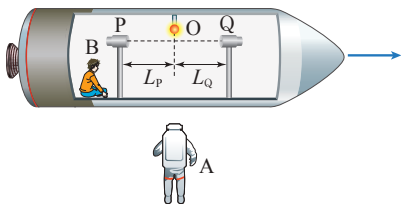


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고르시오. (단,  $c$ 는 빛의 속력이다.)

**보기**

- ㄱ. A의 속력은 B의 관성계에서가 C의 관성계에서보다 크다.
- ㄴ. A의 관성계에서, B의 시간은 C의 시간보다 느리게 간다.
- ㄷ. 우주선의 고유 길이는 B가 C보다 작다.

14 그림은 관찰자 A에 대해 광속에 가까운 속력으로 등속도 운동을 하는 우주선에 관찰자 B가 타고 있는 모습을 나타낸 것이다. B의 관성계에서 광원 O에서 검출기 P, Q까지의 거리는 각각  $L_P$ ,  $L_Q$ 이고, O에서 방출된 빛은 P, Q에 동시에 도달한다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단,  $c$ 는 빛의 속력이다.)

**보기**

- ㄱ.  $L_P = L_Q$ 이다.
- ㄴ. A의 관성계에서, P와 Q 사이의 거리는  $L_P + L_Q$ 보다 작다.
- ㄷ. A의 관성계에서, O와 P 사이의 거리는 O와 Q 사이의 거리보다 작다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

15 다음은 지구 주위를 공전하는 GPS 위성에서의 시간 보정에 대한 설명이다.

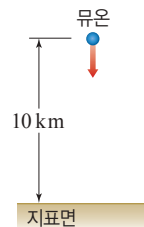
GPS 위성은 14000 km/h의 속력으로 운동하므로 지표면에서 측정할 때, GPS 위성에서의 시간이 지표면에서보다 ( ㉠ ) 간다. 이렇게 지표면과 GPS 위성 사이에 시간의 차이가 나는 것은 ( ㉡ ) 이론으로 설명할 수 있다.

㉠, ㉡에 들어갈 알맞은 말을 쓰시오.

**서술형**

16 다음은 뮤온에 대한 설명이다.

뮤온은 1차 우주선이 대기 중의 공기와 충돌하는 과정에서 지표면으로부터 약 10 km 상공에서 만들어진다. 뮤온의 좌표계에서, 뮤온의 평균 수명은 약  $2.2 \times 10^{-6}$ 초이며 뮤온의 속력은 약  $0.99c$ 이다. 뮤온이 생성된 순간부터 소멸할 때까지 뮤온이 진행한 거리는 약 217.8 m이다.



뮤온이 생성되는 지점의 높이에 비해 뮤온이 진행한 거리가 작음에도 지표면에서 뮤온이 발견되는 까닭을 ㉠ 뮤온의 좌표계와 ㉡ 지표면의 좌표계의 관점에서 각각 서술하시오. (단,  $c$ 는 빛의 속력이다.)

17 다음은 특수 상대성 이론이 사회에 미친 영향에 대한 학생 A, B, C의 대화 내용이다.

- 학생 A: 매우 빠른 인공위성의 시간을 보정할 수 있어.
- 학생 B: 시간과 공간에 대한 새로운 이해로 창의적인 예술 품, 영화, 게임 등을 창작할 수 있게 되었어.
- 학생 C: 1 m의 길이를 미터원기를 사용하여 정의할 수 있게 되었어.

제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A                      ② C                      ③ A, B
- ④ B, C                ⑤ A, B, C



# 실력 UP 문제

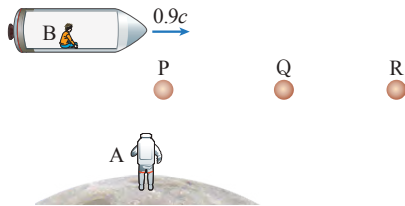
**01** 그림은 수평면에서 같은 방향으로 자동차 A, B가 각각 등속도 운동을 하는 모습을 나타낸 것이다. 0초일 때, A와 B 사이의 거리는 10 m이고 B가 점 p로부터 떨어진 거리는 30 m이다. A의 속력은 4 m/s이고, A와 B는 p에서 만난다.



0초일 때, B에 대한 A의 속력은? (단, A와 B는 동일 직선상에서 운동하며, A와 B의 크기는 무시한다.)

- ①  $\frac{1}{2}$  m/s      ② 1 m/s      ③  $\frac{3}{2}$  m/s
- ④ 2 m/s      ⑤  $\frac{5}{2}$  m/s

**02** 그림과 같이 관찰자 A에 대해 관찰자 B가 탄 우주선이  $0.9c$ 의 속력으로 등속도 운동을 하고 있다. A에 대해 별 P, Q, R은 정지해 있고, P와 Q, Q와 R 사이의 거리는 같다. A의 관성계에서, 우주선의 운동 방향은 P, Q, R을 잇는 직선에 나란하고 B가 Q에서 R까지 이동하는 데 걸린 시간은  $T$ 이다.



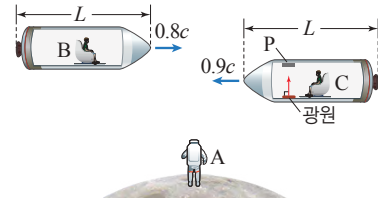
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단,  $c$ 는 빛의 속력이다.)

**보기**

- ㄱ. P와 Q 사이의 거리는 A의 관성계에서 B의 관성계에서보다 크다.
- ㄴ. B의 관성계에서, P와 Q 사이의 거리는 Q와 R 사이의 거리보다 크다.
- ㄷ. B의 관성계에서, Q가 지나간 순간부터 R이 지날 때까지 걸린 시간은  $T$ 보다 작다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄷ      ⑤ ㄴ, ㄷ

**03** 그림은 관찰자 A에 대해 관찰자 B, C가 탄 우주선으로 반대 방향으로 각각  $0.8c$ ,  $0.9c$ 의 속력으로 등속도 운동을 하는 것을 나타낸 것이다. B, C가 탄 우주선의 고유 길이는  $L$ 로 같다. B, C의 관성계에서, C가 탄 우주선의 광원에서 방출된 빛이 검출기 P에 도달할 때까지 걸린 시간은 각각  $t_B$ ,  $t_C$ 이다.



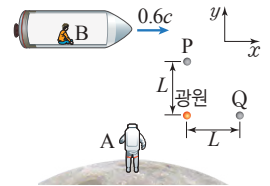
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단,  $c$ 는 빛의 속력이다.)

**보기**

- ㄱ. A의 관성계에서, B가 탄 우주선의 길이는 C가 탄 우주선의 길이보다 크다.
- ㄴ. 광원에서 방출된 빛이 P에 도달할 때까지 진행한 거리는 B의 관성계에서 A의 관성계에서보다 크다.
- ㄷ.  $t_B > t_C$ 이다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**04** 그림은 관찰자 A에 대해 관찰자 B가 탄 우주선이  $+x$  방향으로  $0.6c$ 의 속력으로 등속도 운동을 하는 것을 나타낸 것이다. A의 관성계에서, 광원, 검출기 P와 Q는 정지해 있고 광원에서 방출된 빛은 P, Q를 향해 각각  $+y$ 방향,  $+x$ 방향으로 진행하며, 광원과 P, 광원과 Q 사이의 거리는  $L$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단,  $c$ 는 빛의 속력이다.)

**보기**

- ㄱ. B의 관성계에서, 광원과 P 사이의 거리는 광원과 Q 사이의 거리보다 크다.
- ㄴ. B의 관성계에서, 광원에서 방출된 빛이 P에 도달할 때까지 걸린 시간은  $\frac{L}{c}$ 보다 크다.
- ㄷ. 광원에서 방출된 빛이 Q에 도달할 때까지 걸린 시간은 A의 관성계에서 B의 관성계에서보다 크다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

## 01 / 에너지 준위

### 1. 스펙트럼 빛이 파장에 따라 분리되어 나타나는 색깔 띠

(1) 연속 스펙트럼: (1)이 프리즘을 통과할 때 나타나는 스펙트럼

(2) 선 스펙트럼

(2) 스펙트럼	(3) 스펙트럼
고온의 기체에서 방출된 빛에 의해 나타나는 스펙트럼	백색광을 저온의 기체에 통과시켰을 때 나타나는 스펙트럼

### 2. 보어의 원자 모형과 에너지 준위

(1) 러더퍼드 원자 모형: 원운동하는 원자의 안정성과 선 스펙트럼을 설명하지 못한다.

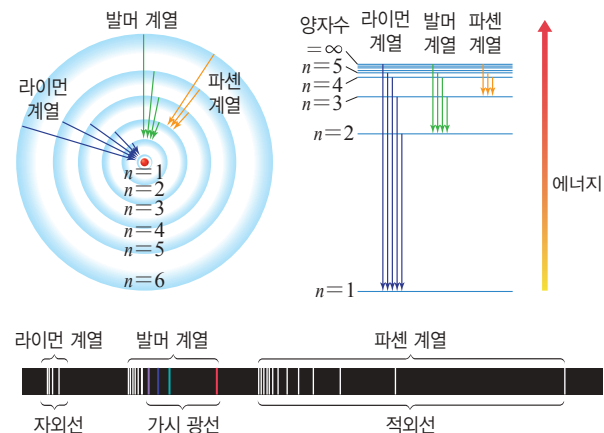
(2) 보어 원자 모형

- 원자 내 전자는 특정한 궤도에서만 원운동을 하며, 이때 빛을 방출하지 않고 안정된 상태로 존재한다.
- 전자가 다른 궤도로 옮겨갈 때 궤도의 에너지 차이에 해당하는 에너지를 빛의 형태로 흡수하거나 방출한다.

① 에너지 (4): 전자의 에너지는 불연속적인 특정한 값만 가질 수 있다.

② 전자가 에너지 준위 차이에 해당하는 빛에너지를 흡수하면 높은 에너지 준위로 전이하고, 빛에너지를 방출하면 낮은 에너지 준위로 전이한다.

### 3. 수소 원자의 선 스펙트럼



4. 현대의 원자 모형 전자 궤도를 정확하게 아는 것은 불가능하며 전자가 특정 위치에 존재할 수 있는 확률만을 알 수 있다는 전자구름 모형으로 설명한다.

## 02 / 에너지띠와 반도체

### 1. 에너지띠의 구조

- (1) 원자가 띠: 전자가 채워진 에너지띠 중에서 에너지가 가장 높은 띠로, 전자가 이동하기 어렵다.
- (2) 전도띠: 원자가 띠 바로 위에 전자가 채워지지 않은 띠로, 전자가 이동하기 쉽다.
- (3) 띠 간격: 원자가 띠와 전도띠 사이에 전자가 존재할 수 없는 영역
- 

### 2. 고체의 에너지띠 구조와 전기 전도성

- (1) 전기 전도성: 물질 내에서 전류가 잘 흐르는 정도를 나타내는 성질
- (2) 고체의 에너지띠 구조와 전기 전도성: 띠 간격이 좁을수록 전기 전도성이 (5).

도체	(6)	(7)
띠 간격이 없으므로 원자가 띠의 전자는 약간의 에너지만 흡수해도 전도띠로 전이할 수 있다.	띠 간격이 매우 넓으므로 원자가 띠의 전자가 전도띠로 전이하기 어렵다.	띠 간격이 부도체보다 좁아 원자가 띠의 전자가 에너지를 흡수하여 전도띠로 전이할 수 있다.
전기 전도성이 좋다.	전기 전도성이 좋지 않다.	전기 전도성이 도체와 부도체의 중간 정도이다.
예 금, 은, 구리, 알루미늄 등의 금속 물질	예 플라스틱, 유리, 나무, 고무, 도자기, 석영 등	예 규소(Si), 저마늄(Ge) 등

### 3. 반도체와 다이오드

- (1) 순수한 반도체: 원자가 전자가 4개인 규소(Si), 저마늄(Ge) 등이 (8)을 통해 완벽한 결정 구조를 갖는 반도체
- (2) 불순물 반도체: 순수한 반도체에 불순물을 첨가하는 도핑을 통해 전기 전도성을 높인 반도체

p형 반도체	n형 반도체
<p>양공 전도띠 불순물 에너지 준위 전자 에너지 준위 양공 원자가 띠</p>	<p>전도띠 전자 불순물 에너지 준위 원자가 띠</p>
원자가 전자가 3개인 원소를 도핑 → 빈자리인 ( )이 생겨 전류가 흐를 수 있다.	원자가 전자가 5개인 원소를 도핑 → 남는 자유 전자에 의해 전류가 흐를 수 있다.

#### 4. p-n 접합 다이오드

p형 반도체와 n형 반도체를 접합하여 만든 반도체 소자

##### (1) p-n 접합 다이오드의 연결

순방향 전압 연결	역방향 전압 연결
p형 반도체 쪽에 전원의 (+)극을, n형 반도체 쪽에 (-)극을 연결 → 전류가 잘 흐른다.	p형 반도체 쪽에 전원의 (-)극을, n형 반도체 쪽에 (+)극을 연결 → 전류가 잘 흐르지 못한다.

##### (2) 다이오드의 이용: 정류 회로, 발광 다이오드(LED), 광 다이오드, 반도체 레이저 등

## 03 / 특수 상대성 이론

### 1. 상대 속도

물체의 운동 상태는 관찰자의 운동 상태에 따라 다르게 관찰된다. 관찰자가 측정한 물체의 속도를 상대 속도라고 한다.

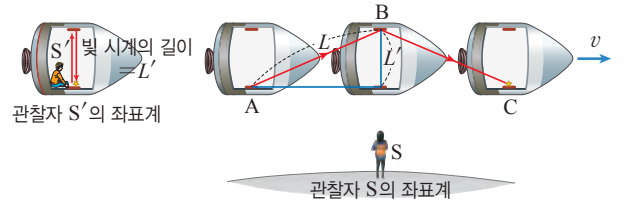
$$A \text{가 측정한 } B \text{의 상대 속도} = B \text{의 속도} - A \text{의 속도}$$

### 2. 특수 상대성 이론의 기본 가정

- 관성 좌표계(관성계): 정지 또는 등속도로 운동하는 좌표계
  - 관성 좌표계에서는 관성 법칙이 성립한다.
  - 한 관성 좌표계에서 대해 정지해 있거나 일정한 속도로 운동하는 좌표계는 모두 ( ) 좌표계이다.
- 특수 상대성 이론: 상대성 원리와 광속 불변의 원리를 바탕으로 하여 관성계에서 관찰자의 상대 속도에 따라 시간, 길이 등의 물리량의 변화를 설명하는 이론
- 특수 상대성 이론의 기본 가정
  - 상대성 원리: 모든 관성계에서 ( )은 동일하게 성립한다. → 서로 다른 관성계에서 관찰되는 물리량은 다를 수 있지만, 그 물리량 사이의 관계식은 동일하게 성립한다.
  - 광속 불변 원리: 진공 중에서 ( )의 속력은 관찰자나 광원의 속도에 관계없이 항상  $c$ 로 같다.

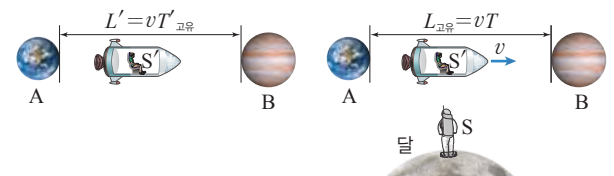
### 3. 특수 상대성 이론에 의한 현상

(1) 시간 팽창(시간 지연): 정지한 관찰자가 측정할 때, 빠르게 운동하는 관찰자의 시간이 자신의 시간보다 ( ) 간다.



구분	우주선 안의 관찰자(S')가 빛 시계를 측정할 때	우주선 밖에 정지해 있는 관찰자(S)가 빛 시계를 측정할 때
빛의 이동 거리	빛이 수직으로 $2L'$ 만큼의 거리를 이동한다.	빛은 대각선 방향으로 $2L$ 만큼의 거리를 이동한다.
빛이 왕복하는 데 걸린 시간	고유 시간이다. → $T'_{\text{고유}} = \frac{2L'}{c}$	고유 시간이 아니다. → $T = \frac{2L}{c}$
결론	$L > L'$ 이므로 $T > T'_{\text{고유}}$ 이다.	

(2) 길이 수축: 한 관성계의 관찰자가 상대적으로 운동하는 물체를 측정할 때, ( )으로의 길이가 수축된다.



구분	우주선 안의 관찰자(S')가 측정할 때	우주선 밖에 정지해 있는 관찰자(S)가 측정할 때
A에서 B까지 이동하는 데 걸린 시간	고유 시간이다. → $T'_{\text{고유}}$	고유 시간이 아니다. → $T$
A와 B 사이의 거리	우주선은 A와 B에 대하여 상대적으로 움직이므로 고유 길이가 아니다. → $L' = vT'_{\text{고유}}$	S에 대하여 상대적으로 정지해 있는 A와 B 사이의 거리이므로 고유 길이이다. → $L_{\text{고유}} = vT$
결론	$T > T'_{\text{고유}}$ 이므로 $L' < L_{\text{고유}}$ 이다.	

### 4. 특수 상대성 이론이 사회에 미친 영향

과학 분야	상대성 이론의 원리를 적용하여 인공위성의 시간을 보정한다.
문화 예술 분야	시간과 공간에 대한 새로운 이해는 많은 사람에게 영감을 일으킨다.
표준 단위 분야	빛의 속도를 이용해 길이의 단위의 1 m를 정의한다.
일상생활 분야	핵에너지를 활용하여 원자력 발전을 한다.



중단원

# 마무리 문제

난이도

**01** 그림 (가), (나)는 서로 다른 두 빛을 분광기로 관찰한 모습을 나타낸 것이다.



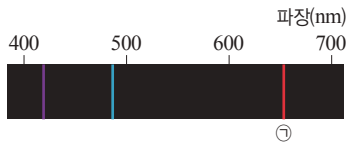
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

- ㄱ. (가)는 백색광을 관찰한 것이다.
- ㄴ. 러더퍼드 원자 모형은 (나)를 설명할 수 있다.
- ㄷ. (나)는 원자 내 전자의 에너지 준위가 양자화되어 있다는 증거이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ                ⑤ ㄴ, ㄷ

**02** 그림은 수소 원자의 방출 스펙트럼을 파장에 따라 나타낸 것이다. ㉠은 가시광선 스펙트럼 중에서 파장이 가장 긴 빛이며, 파장은 656 nm이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

- ㄱ. ㉠은 양자수  $n=2$ 에서  $n=1$ 로 전이할 때 방출된다.
- ㄴ. 가시광선 스펙트럼 중에서 광자의 에너지는 ㉠이 가장 크다.
- ㄷ. 백색광을 수소 기체 방전관에 통과시키면 파장이 656 nm인 곳에 검은색 흡수선이 나타난다.

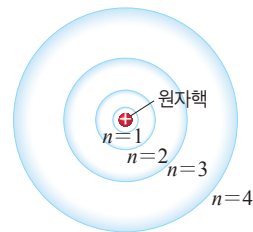
- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**03** 보어의 원자 모형에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 전자는 원자핵 주위를 특정한 궤도를 따라 회전한다.
- ② 헬륨(He) 원자의 스펙트럼 파장을 정확히 계산할 수 있다.
- ③ 수소 원자의 방출 스펙트럼을 정확히 설명할 수 있다.
- ④ 전자가 서로 다른 궤도 사이를 전이할 때 에너지를 흡수하거나 방출한다.
- ⑤ 수소 원자 내 전자의 에너지 준위는 불연속적이다.

**04** 보어의 원자 모형에서 전자가 전이할 때 흡수하거나 방출하는 빛의 에너지는 무엇에 의해 결정되는지 쓰시오.

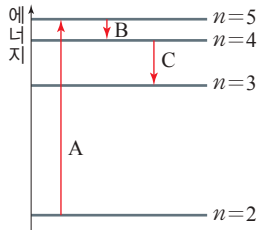
**05** 그림은 보어의 수소 원자 모형으로 원자핵과 양자수가  $n=1, 2, 3, 4$ 인 전자 궤도를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 전자는 원자핵에 가까울수록 안정하다.
- ② 전자가  $n=2$  이상인 궤도에 있을 때를 들뜬상태라고 한다.
- ③ 전자가  $n=4$ 인 궤도를 돌 때 가장 큰 에너지의 광자가 방출된다.
- ④ 바닥상태의 전자는 에너지를 흡수하여 들뜬상태로 전이할 수 있다.
- ⑤ 수소 원자 내 전자의 에너지 준위는 불연속적이다.

**06** 그림은 보어의 수소 원자 모형에서 양자수  $n=2$ 인 상태에 있던 전자가  $n=5 \rightarrow n=4 \rightarrow n=3$ 의 순서대로 전이하는 모습을 나타낸 것이다. 전이 과정 A, B, C에서 방출 또는 흡수하는 빛의 진동수는 각각  $f_A, f_B, f_C$ 이다.



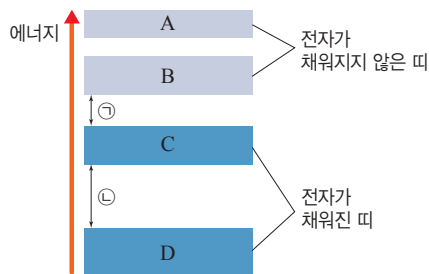
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

- ㄱ. A에서는 빛을 방출하고, B, C에서는 빛을 흡수한다.
- ㄴ. 전이 과정에서 방출 또는 흡수하는 빛의 파장이 가장 짧은 것은 C이다.
- ㄷ.  $n=3$ 에서  $n=2$ 인 궤도로 전이하는 빛의 진동수는  $f_A - f_B - f_C$ 이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**07** 그림은 어떤 물질의 에너지띠 구조를 나타낸 것이다.



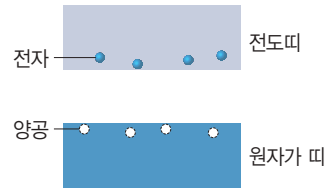
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

- ㄱ. ㉠은 전자가 존재할 수 없는 에너지 영역이다.
- ㄴ. 기체 전자의 에너지 준위를 나타낸 것이다.
- ㄷ. ㉡의 크기가 전기 전도성을 결정하는 요인이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ                ⑤ ㄴ, ㄷ

**08** 그림은 실온에서 순수한 반도체의 에너지띠 구조를 나타낸 것이다. 원자가 띠의 전자 일부가 에너지를 흡수하여 전도띠로 전이하였다.



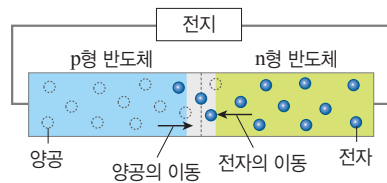
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

- ㄱ. 전도띠에 있는 전자가 원자가 띠에 있는 전자보다 에너지 준위가 높다.
- ㄴ. 원자가 띠에 남아 있는 전자는 고체 내부에서 움직일 수 있다.
- ㄷ. 원자가 띠의 양공은 고체 내의 한 곳에서 움직이지 않는다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**09** 그림은 p-n 접합 다이오드에 전지를 연결했을 때 다이오드 내부에서 일어나는 전자와 양공의 이동을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

- ㄱ. 순방향 전압 연결 상태이다.
- ㄴ. 접합면에서 전기장의 방향은 n형 반도체에서 p형 반도체를 향하는 방향이다.
- ㄷ. 전지의 극을 바꾸어 연결하면 p형 반도체의 양공은 접합면을 향해 이동한다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ                ⑤ ㄴ, ㄷ

**10** 그림은 일상생활에서 다이오드가 활용되는 예를 나타낸 것이다.

(가) TV의 리모컨 수신부에서 광 다이오드가 적외선 신호를 받아 채널을 바꾼다.

(나) TV의 화소를 이루는 LED는 빨간색, 초록색, 파란색을 조합하여 다양한 색을 만들어낸다.



(다) 리모컨에서 적외선 신호가 나온다.

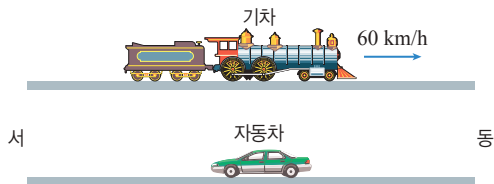
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)에서 광 다이오드는 적외선을 흡수하여 전기 신호를 만든다.
- ㄴ. (나)에서 원자가 띠와 전도띠 사이의 띠 간격은 빨간색 LED가 파란색 LED보다 작다.
- ㄷ. (다)에서는 적외선을 방출하는 LED가 사용된다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

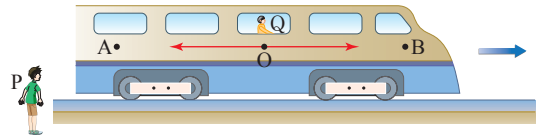
**11** 그림과 같이 지면에 대해 동쪽으로 60 km/h의 속력으로 달리고 있는 기차를 타고 있던 관찰자가 맞은편 도로의 자동차가 서쪽으로 140 km/h의 속력으로 달리는 것으로 측정한다.



이 자동차의 지면에 대한 상대 속도는?

- ① 동쪽으로 80 km/h      ② 동쪽으로 200 km/h
- ③ 서쪽으로 80 km/h    ④ 서쪽으로 200 km/h
- ⑤ 북쪽으로 200 km/h

**12** 그림은 관찰자 P에 대해 관찰자 Q가 탄 일정한 속도로 움직이는 기차 안의 점 O에서 점 A, B를 향해 동시에 레이저 빛을 발사하는 모습을 나타낸 것이다.

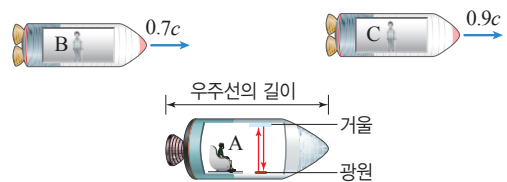


Q의 관성계에서 O와 A 사이의 거리와 O와 B 사이의 거리가 같을 때, 레이저 빛의 진행에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고르시오.

보기

- ㄱ. Q가 측정할 때, 레이저 빛이 A와 B에 동시에 도착한다.
- ㄴ. P가 측정할 때, 레이저 빛이 A와 B에 동시에 도착한다.
- ㄷ. P가 측정할 때, A 방향으로 진행되는 레이저 빛의 속력이 B 방향으로 진행되는 레이저 빛의 속력보다 작다.

**13** 그림은 관찰자 A에 대해 관찰자 B, C가 탄 우주선이 각각  $0.7c$ ,  $0.9c$ 의 속력으로 등속도 운동을 하는 것을 나타낸 것이다. B, C의 관성계에서, A가 탄 우주선의 광원에서 방출된 빛이 거울에서 반사되어, 다시 광원으로 되돌아오는 데 걸린 시간은 각각  $t_B$ ,  $t_C$ 이다.



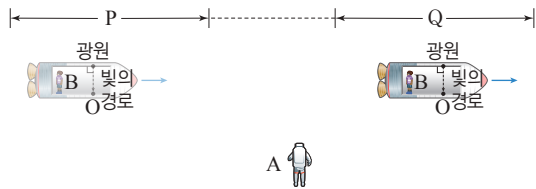
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단,  $c$ 는 빛의 속력이다.)

보기

- ㄱ. A가 탄 우주선의 길이는 B의 관성계에서가 C의 관성계에서보다 작다.
- ㄴ.  $t_B < t_C$ 이다.
- ㄷ. 광원에서 방출된 빛이 거울에서 반사되어 다시 광원으로 되돌아올 때까지 진행한 거리는 B의 관성계에서가 C의 관성계에서보다 크다.

- ① ㄴ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                ④ ㄱ, ㄷ                ⑤ ㄴ, ㄷ

14 그림은 관찰자 A에 대해 관찰자 B가 탄 우주선이 구간 P에서 등속도 운동을 한 후, 속력이 변하여 다시 구간 Q에서 등속도 운동을 하는 모습을 나타낸 것이다. A가 측정할 때, 우주선의 길이는 P에서가 Q에서보다 작다. 우주선이 P, Q에서 각각 운동할 때, B의 관성계에서 광원에서 나온 빛이 바닥의 점 O에 도달할 때까지 걸린 시간은 각각  $t_P, t_Q$ 이다.

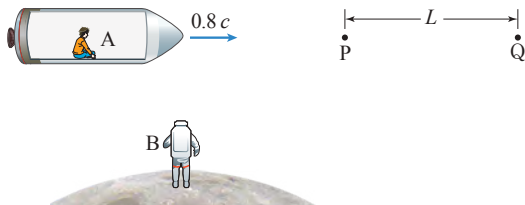


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고르시오.

[보기]

- ㄱ. A의 관성계에서, 우주선의 속력은 P에서가 Q에서보다 크다.
- ㄴ.  $t_P = t_Q$ 이다.
- ㄷ. 우주선이 Q에서 운동할 때, A의 관성계에서 광원에서 나온 빛이 바닥에 도달할 때까지 걸린 시간은  $t_Q$ 보다 크다.

15 그림은 관찰자 A가 탄 우주선이 관찰자 B에 대해  $0.8c$ 의 속력으로 등속도 운동을 하는 것을 나타낸 것이다. B의 관성계에서, 정지해 있는 점 P와 점 Q 사이의 거리는  $L$ 이고 우주선이 P에서 Q까지 이동하는 데 걸린 시간은  $T$ 이다.



A의 관성계에서 측정할 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단,  $c$ 는 빛의 속력이다.)

[보기]

- ㄱ. P와 Q 사이의 거리는  $L$ 보다 크다.
- ㄴ. P에서 Q까지 이동하는 데 걸린 시간은  $T$ 보다 작다.
- ㄷ. A의 시간은 B의 시간보다 느리게 간다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ                ⑤ ㄴ, ㄷ

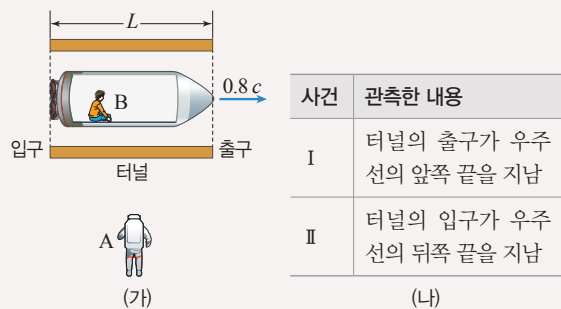
## 서술형 문제

16 그림은 수소 원자의 방출 스펙트럼을 파장에 따라 나타낸 것이다. 가시광선 영역에서 빨간색에서 보라색으로 갈수록 스펙트럼 선 사이의 간격이 좁아지는 까닭을 서술하시오.



17 p형 다이오드와 n형 다이오드를 접합하면 접합면에서 양공과 전자가 접합면을 넘어 확산하고, 서로 만나 소멸하게 된다. 확산이 어느 정도 진행되면 접합면에서 더 이상 전자가 쉽게 이동하지 못하는 상태가 되는데, p-n 접합면에서 전자가 쉽게 이동하지 못하게 되는 까닭을 서술하시오.

18 그림은 관찰자 A에 대해  $0.8c$ 의 속력으로 등속도 운동을 하는 관찰자 B가 탄 우주선이 우주 터널을 통과하는 순간의 모습을 나타낸 것이다. A의 관성계에서, 길이가  $L$ 인 우주 터널은 정지해 있고 우주선의 앞쪽 끝이 터널의 출구를 지나는 순간 우주선의 뒤쪽 끝이 터널의 입구를 지난다. A의 관성계에서, 우주선의 운동 방향과 터널의 길이 방향은 나란하다. 표는 B의 관성계에서 관측한 내용을 나타낸 것이다.



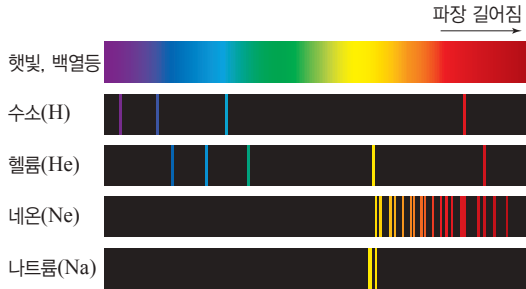
B의 관성계에서 I, II의 사건이 일어나는 순서를 쓰고, 까닭을 서술하시오. (단,  $c$ 는 빛의 속력이다.)



중단원

# 고난도 문제

**01** 그림은 여러 가지 기체 방전관에서 나온 빛의 가시광선 영역에 대한 스펙트럼 관찰 결과를 파장에 따라 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

- ㄱ. 나트륨(Na) 원자의 전자가 가질 수 있는 에너지 준위는 총 2개이다.
- ㄴ. 관찰된 스펙트럼 중에서 에너지가 가장 작은 빛을 내는 원소는 네온(Ne)이다.
- ㄷ. 각 원소는 고유한 스펙트럼을 가지므로 스펙트럼을 통해 방전관 속 기체를 구분할 수 있다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**02** 그림은 수소 기체 방전관에서 방출되는 빛을 분광기로 관찰한 모습을 나타낸 것이다.



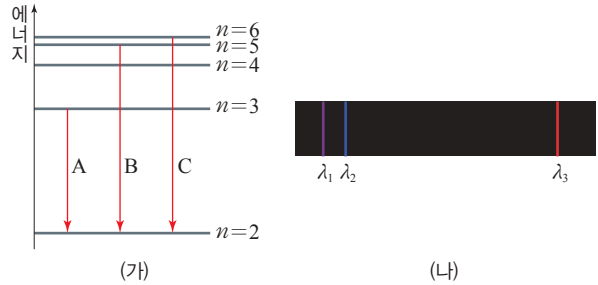
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

- ㄱ. A에 속한 빛은 모두 가시광선이다.
- ㄴ. 파선 계열의 빛은 라이먼 계열의 빛보다 파장이 길다.
- ㄷ. 라이먼 계열은 양자수가 2보다 큰 궤도에서 양자수가 1인 궤도로 전이할 때 방출되는 빛이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ                ⑤ ㄴ, ㄷ

**03** 그림 (가)는 보어의 수소 원자 모형에서 가시광선을 방출하는 전자의 전이 A, B, C를, (나)는 (가)의 전이에서 방출되는 빛의 선 스펙트럼을 나타낸 것이다.  $n$ 은 양자수이다.



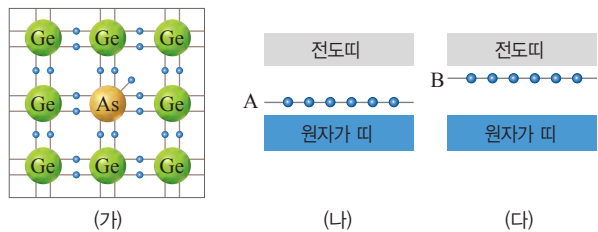
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단,  $c$ 는 빛의 속도,  $h$ 는 플랑크 상수이다.)

**보기**

- ㄱ. A에서 방출되는 빛의 파장은  $\lambda_1$ 이다.
- ㄴ.  $n=2$ 인 궤도에 있는 전자는  $\frac{hc}{\lambda_2}$ 의 에너지를 흡수할 수 있다.
- ㄷ.  $n=4$ 인 궤도에서  $n=2$ 인 궤도로 전이할 때 방출되는 빛의 파장은  $\lambda_2$ 보다 길고  $\lambda_3$ 보다 짧다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**04** 그림 (가)는 저마늄(Ge)에 원자가 전자가 5개인 불순물을 도핑한 모습을 나타낸 것이고, (나)와 (다)는 불순물 반도체의 에너지 준위를 나타낸 것이다.



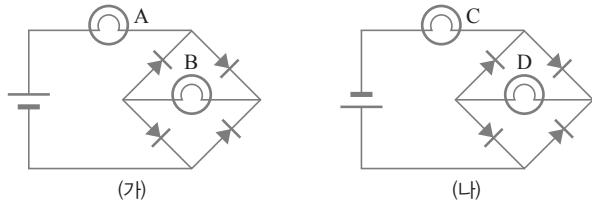
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

- ㄱ. (가)의 에너지띠 구조는 (다)에 해당한다.
- ㄴ. (나)에서 원자가 띠에 있는 전자가 A로 전이하면 양공이 생긴다.
- ㄷ. (다)에서 B에 있는 전자가 전도띠로 전이할 때 양공이 생긴다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**05** 그림 (가), (나)는 다이오드, 전구, 전지를 연결한 회로를 나타낸 것이다.



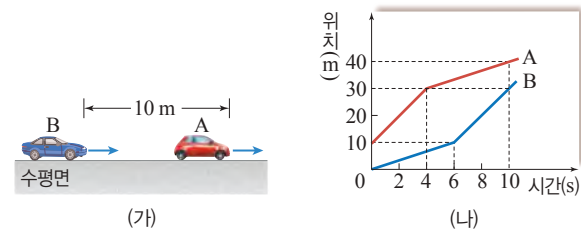
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

- ㄱ. (가)에서 역방향 전압이 연결된 다이오드는 1개이다.
- ㄴ. A에는 전류가 흐르고 C에는 전류가 흐르지 않는다.
- ㄷ. B와 D에 전류가 흐르는 방향은 서로 같다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**06** 그림 (가)는 수평면에서 같은 방향으로 운동하는 자동차 A, B를 나타낸 것으로, A와 B 사이의 거리는 10 m이다. 그림 (나)는 (가)의 순간부터 A, B의 위치를 시간에 따라 나타낸 것이다.



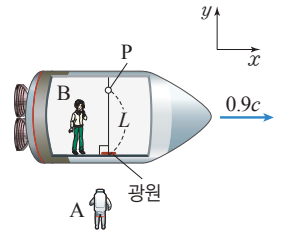
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B는 동일 직선상에서 운동한다.)

**보기**

- ㄱ. A의 속력은 2초일 때가 6초일 때보다 크다.
- ㄴ. A가 측정할 때, B의 운동 방향은 2초일 때와 8초일 때가 같다.
- ㄷ. A에 대한 B의 상대 속도의 크기는 2초일 때와 8초일 때가 같다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ                ⑤ ㄱ, ㄷ

**07** 그림은 관찰자 A에 대해 관찰자 B가 탄 우주선이  $x$ 축과 나란한 방향으로  $0.9c$ 의 속력으로 등속도 운동을 하는 것을 나타낸 것이다. B의 관성계에서, 광원에서 방출된 빛은  $+y$  방향으로 진행하여 검출기 P에 도달하며 광원과 P 사이의 거리는  $L$ 이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단,  $c$ 는 빛의 속력이다.)

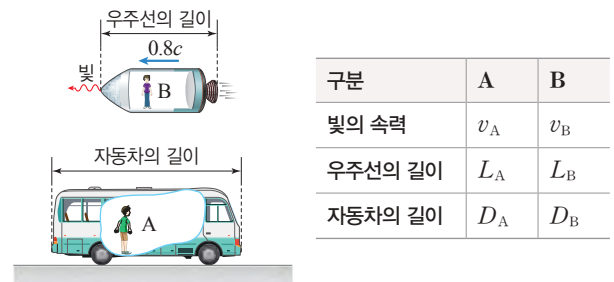


**보기**

- ㄱ. A의 관성계에서, 광원에서 방출된 빛의 속력은  $c$ 이다.
- ㄴ. A의 관성계에서, 광원과 P 사이의 거리는  $L$ 보다 작다.
- ㄷ. 광원에서 방출된 빛이 P에 도달할 때까지 빛의 진행 방향은 A의 관성계에서와 B의 관성계에서가 같다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ                ⑤ ㄱ, ㄷ

**08** 그림은 관찰자 A가 타고 있는 자동차에 대해 관찰자 B가 탄 우주선이  $0.8c$ 의 속력으로 등속도 운동을 하는 것을 나타낸 것이다. 우주선에서는 우주선의 운동 방향으로 빛을 방출한다. 표는 A, B의 관성계에서 측정된 빛의 속력, 우주선의 길이, 자동차의 길이를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단,  $c$ 는 빛의 속력이다.)

**보기**

- ㄱ.  $v_A = v_B$
- ㄴ.  $L_A < L_B$
- ㄷ.  $D_A > D_B$

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ