

엔픽 · 통합과학 물리

기본탄탄 · 실력쑥쑥 집중

III 빛과 물질

2 물질과 시공간의 세계

17강

시간과 공간의 상대성

기본탄탄 · 실력쑥쑥

17강 시간과 공간의 상대성

기본 탄탄 문제

1 갈릴레이의 상대성 원리

01 상대 속도에 대한 설명으로 옳은 것은 ○표, 옳지 않은 것은 ×표 하시오.

- (1) 관찰자가 측정하는 물체의 속도로, 물체의 속도에서 관찰자의 속도를 빼서 구한다. ()
- (2) 30 km/h의 속력으로 달리는 자전거를 정지한 사람이 보면 자전거의 속력이 30 km/h로 보인다. ()
- (3) 60 km/h의 속력으로 달리는 자동차를 같은 방향으로 40 km/h의 속력으로 달리는 오토바이에서 보면 자동차의 속력은 100 km/h로 보인다. ()
- (4) 50 km/h의 속력으로 달리는 버스를 반대 방향으로 10 km/h의 속력으로 달리는 사람이 보면 버스의 속력은 40 km/h로 보인다. ()

02 다음은 기준 좌표계에 대한 설명이다. () 안에 들어갈 알맞은 말을 쓰시오.

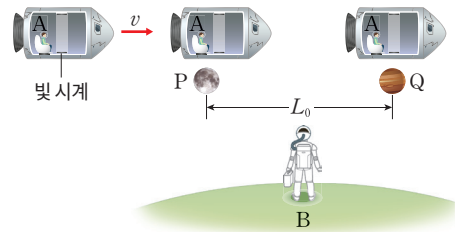
정지해 있거나 등속 직선 운동을 하는 기준 좌표계를 (㉠) 좌표계라고 한다. 서로 다른 (㉡) 좌표계에서 물체의 운동은 상대 속도 차이만 있을 뿐 운동 법칙은 동일하게 적용된다. 따라서 기준을 알지 못한 상태에서 정지 상태와 등속도 운동 상태를 구별할 수 없으며, 이를 갈릴레이의 (㉢)이라고 한다.

2 특수 상대성 이론

03 특수 상대성 이론에 대한 설명으로 옳은 것은 ○표, 옳지 않은 것은 ×표 하시오.

- (1) 모든 관성 좌표계에서 모든 물리 법칙은 동일하게 성립한다. ()
- (2) 진공 중에서 진행하는 빛의 속력 c 는 관성 좌표계에 따라 c 보다 크거나 작다. ()
- (3) 정지한 관찰자가 보았을 때, 일정한 속력으로 운동하는 관찰자의 시간은 느리게 간다. ()
- (4) 정지한 관찰자가 보았을 때, 일정한 속력으로 운동하는 물체의 길이는 늘어나 보인다. ()
- (5) GPS 위성은 상대성 이론에 따라 지구와의 시간 간격과 차이가 나기 때문에 이를 보정해야 한다. ()

04 그림은 정지해 있는 관찰자 B에 대해 빛의 속력에 가까운 일정한 속력 v 로 운동하는 우주선이 행성 P에서 Q를 향해 운동하는 것을 나타낸 것이다. 이때 P, Q는 관찰자 B에 대해 정지해 있고, P와 Q 사이의 거리는 L_0 이다.



이에 대한 설명으로 알맞은 것을 고르시오. (단, 관찰자 A가 측정한 시간은 t_0 , 관찰자 B가 측정한 시간은 t , 관찰자 A가 측정한 P와 Q 사이의 거리는 L 이다.)

- (1) A가 측정할 때 빛 시계의 빛은 (연직, 비스듬한) 방향으로 운동하며, B가 측정할 때 빛 시계의 빛은 (연직, 비스듬한) 방향으로 운동한다.
- (2) 고유 시간은 (t_0, t) 이며, t 는 t_0 보다 (길다, 짧다).
- (3) 고유 길이는 (L_0, L) 이며, L 은 L_0 보다 (길다, 짧다).
- (4) 길이 수축은 물체의 운동 방향과 (수평, 수직)한 방향으로만 일어난다.

05 다음은 뮤온의 수명이 매우 짧기 때문에 지표면에 도달하기 전에 소멸되어 지표면에서 발견되기 어려워 하지만 지표면에서 발견되는 현상에 대한 설명이다. () 안에 들어갈 알맞은 말을 고르시오.

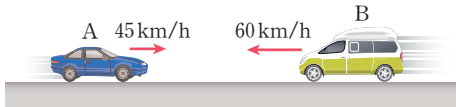
뮤온과 함께 움직이는 좌표계에서 볼 때 뮤온과 지표면 사이의 거리가 ㉠(줄어들어, 늘어나) 지표면에 도달한다. 지상의 관찰자가 볼 때 움직이는 뮤온의 시간이 ㉡(줄어들어, 늘어나) 뮤온이 지표면에 도달한다. 이러한 까닭으로 뮤온을 지표면에서 관측할 수 있다.

일력 뚝뚝 문제

1D 갈릴레이의 상대성 원리

01

그림은 직선 도로에서 자동차 A는 오른쪽 방향으로 45 km/h의 속력으로 운동하고, 자동차 B는 왼쪽 방향으로 60 km/h의 속력으로 운동하는 것을 나타낸 것이다.

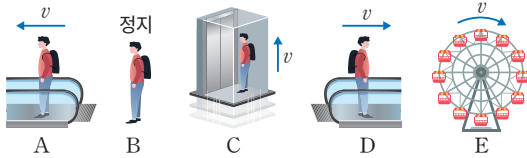


자동차 A에 타고 있는 관찰자가 측정한 자동차 B의 상대 속도의 크기로 옳은 것은?

- ① 15 km/h ② 25 km/h ③ 45 km/h
④ 60 km/h ⑤ 105 km/h

02

그림 A~E는 정지하거나 일정한 속력 v 로 운동하는 상태의 관찰자를 나타낸 것이다.



A~E 중 관성 좌표계가 아닌 것은?

- ① A ② B ③ C ④ D ⑤ E

03

다음은 기준 좌표계에 대한 세 학생의 대화 내용이다.

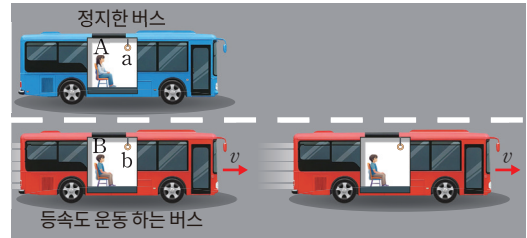


제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② B ③ C
④ A, C ⑤ A, B, C

04

그림은 정지한 버스에서 관찰자 A가 연직 아래 방향으로 매달린 손잡이 a를 보는 것과 일정한 속력 v 로 운동하는 관찰자 B가 연직 아래 방향으로 매달린 손잡이 b를 보는 것을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. B가 보는 b는 기울어져 있다.
ㄴ. A는 자신의 관성계가 정지 상태인지 등속도 운동 상태인지 알 수 없다.
ㄷ. A와 B의 관성계에서 각각 b의 운동 상태를 기술하는 물리 법칙이 동일하다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

그림은 관찰자 A는 정지한 상태로 거울을 든 채 얼굴을 보고 있는 것을, 관찰자 B는 거울을 들고 A에 대해 빛의 속력 c 로 등속 운동을 하고 있는 것을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 관찰자 A와 B는 모두 자기의 얼굴을 볼 수 있다.
ㄴ. 두 상황에서 정지한 관성 좌표계와 운동하는 관성 좌표계를 구별할 수 없다.
ㄷ. 두 상황은 갈릴레이의 상대성 원리에 모순되므로 특수 상대성 이론의 가설이 제시되었다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

특수 상대성 이론

- 06** 특수 상대성 이론에서 모든 관성계의 관찰자가 일정하게 측정하는 물리량만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 시간 ㄴ. 길이 ㄷ. 빛의 속도

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

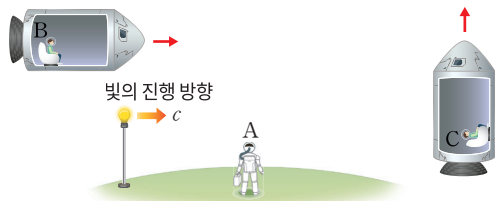
- 07** 다음은 특수 상대성 이론의 두 가지 가설이다.

- 모든 (㉠) 좌표계에서 (㉡)은/는 동일하게 성립한다.
- 진공에서 진행하는 (㉢)은/는 모든 (㉠) 좌표계에서 동일하다.

㉠~㉢에 들어갈 용어로 가장 적절한 것은?

- | | ㉠ | ㉡ | ㉢ |
|---|-----|-------|-------|
| ① | 관성 | 물리 법칙 | 빛의 속도 |
| ② | 관성 | 물리 법칙 | 운동량 |
| ③ | 관성 | 화학 법칙 | 빛의 속도 |
| ④ | 비관성 | 화학 법칙 | 운동량 |
| ⑤ | 비관성 | 물리 법칙 | 에너지 |

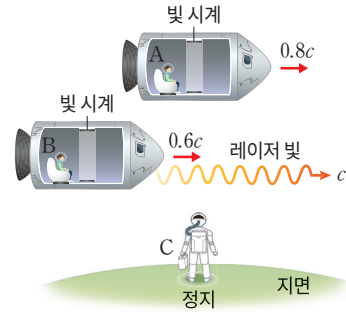
- 08** 그림은 지면에 정지한 관찰자 A, 빛의 진행 방향과 나란하게 운동하는 관찰자 B, 빛의 진행 방향과 수직하게 운동하는 관찰자 C가 빛의 속도 c 를 관측하는 것을 나타낸 것이다.



빛의 속력을 c 로 관측하는 관찰자만을 있는 대로 고른 것은? (단, B와 C는 일정한 속력으로 운동한다.)

- ① A ② C ③ A, B
④ B, C ⑤ A, B, C

- 09** 그림은 정지한 관찰자 C에 대해 우주선 A, B가 같은 방향으로 각각 $0.8c$, $0.6c$ 의 속력으로 등속도 운동 하는 것을 나타낸 것이다. 우주선 B에서 레이저 빛이 방출된다.

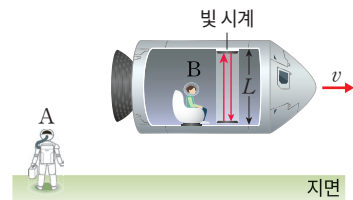


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, c 는 빛의 속력이다.)

- 보기
ㄱ. C가 관찰할 때 A, B의 시간은 빠르게 간다.
ㄴ. A, B, C의 관성계에서 측정된 빛의 속력은 모두 c 로 같다.
ㄷ. C의 관성계에서 A, B의 시간을 측정하면 A의 시간이 B의 시간보다 느리게 간다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

- 10** 그림은 지면에 정지한 관찰자 A에 대해 우주선이 속력 v 로 등속도 운동 하는 것을 나타낸 것이다. 우주선 안 관찰자 B의 빛 시계에서 빛은 길이가 L 인 위아래를 왕복 운동한다.

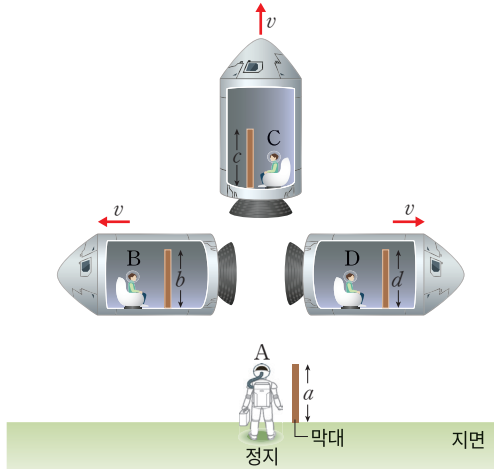


관찰자 A가 관측한 시간에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, c 는 빛의 속력이다.)

- 보기
ㄱ. A의 시간과 B의 시간은 같다.
ㄴ. 빛이 왕복하는 데 걸린 시간은 고유 시간이다.
ㄷ. 빛이 왕복하는 데 걸린 시간은 $\frac{2L}{c}$ 보다 길다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

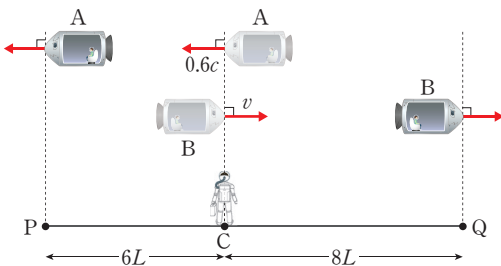
- 11** 그림은 지면에서 길이가 a 인 동일한 막대를 지면에 수직인 방향으로 우주선 B, C, D에 각각 옮겨 놓은 것을 나타낸 것이다. B, D는 지면에 나란한 방향으로, C는 지면에 수직인 방향으로 속력 v 로 등속도 운동을 한다.



A가 측정한 막대의 길이 b, c, d 중 a 와 동일한 것만을 있는 대로 고른 것은?

- ① b ② c ③ d
④ b, d ⑤ b, c, d

- 12** 그림은 관찰자 C에 대해 정지한 기준선 P, Q와 서로 반대 방향으로 각각 $0.6c, v$ 등속도 운동을 하는 우주선 A, B를 나타낸 것이다. C의 관성계에서 A, B는 C를 동시에 지난 뒤, C에서 각각 $6L, 8L$ 떨어진 P와 Q를 동시에 지난다.



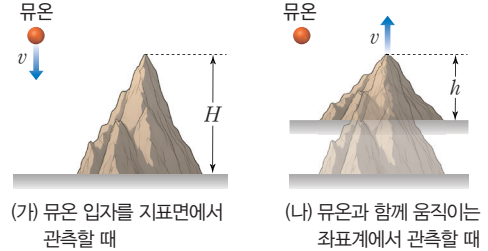
관찰자 A가 관찰한 현상에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. B의 속력은 $1.4c$ 이다.
ㄴ. P와 Q 사이의 거리는 고유 길이로 $14L$ 이다.
ㄷ. P와 Q 사이의 거리는 B가 측정할 때보다 길다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

- 13** 그림 (가), (나)는 지구 대기권에서 생성된 뮤온의 고유 수명이 $2.2 \mu\text{s}$ 로 매우 짧아 생성된 후 지표면에 도달하기 전에 사라져야 하지만, 실제로 많은 뮤온이 지표면에서 발견되는 까닭에 대해 나타낸 것이다.



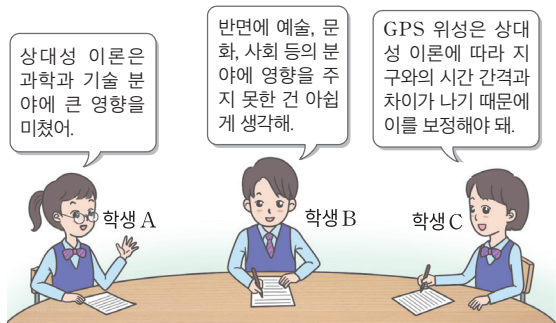
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)에서 관측한 뮤온의 수명은 $2.2 \mu\text{s}$ 보다 작으므로 지표면에 도달한다.
ㄴ. 뮤온이 발견되는 현상은 (가), (나)와 같이 특수 상대성 이론으로 설명할 수 있다.
ㄷ. (나)의 경우 $h < H$ 이므로 지표면까지의 거리가 줄어들기 때문에 뮤온이 지표면에 도달한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

- 14** 다음은 상대성 이론이 가져온 사회적 파급 효과에 대한 세 학생의 대화 내용이다.



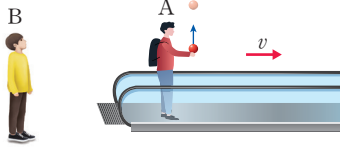
제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② B ③ C
④ A, C ⑤ A, B, C

단답형·서술형 문제

15 (중요) ☆

그림은 속력 v 로 등속도 운동을 하는 무빙워크 위에서 관찰자 A가 공을 연직 위로 던져 올리는 것을 지면에 정지해 있는 관찰자 B가 관찰하는 것을 나타낸 것이다.



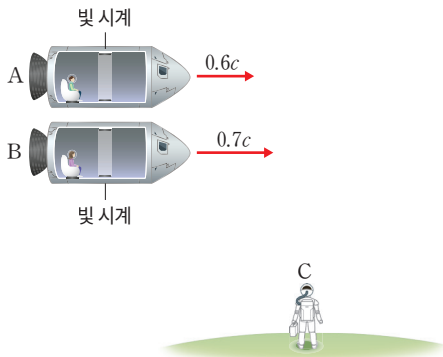
- (1) 관찰자 A와 B의 좌표계는 어떤 좌표계인지 설명하시오.
- (2) 관찰자 A와 B가 관찰하는 공의 운동을 각각 설명하시오.
- (3) 관찰자 A는 자신이 정지해 있는지 등속도 운동하는지를 구별할 수 있는지 설명하시오.

16

특수 상대성 이론의 가설에서 관찰자에 관계없이 일정하게 측정되는 물리량을 쓰시오.

17 (중요) ☆

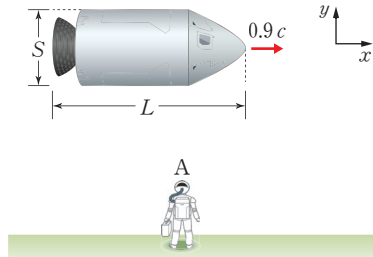
그림은 정지해 있는 관찰자 C에 대해 우주선 A, B가 각각 $0.6c$, $0.7c$ 의 일정한 속력으로 운동하는 것을 나타낸 것이다.



A와 B 중에서 관찰자 C가 측정한 빛 시계의 왕복 시간이 더 긴 것을 고르고, 그 까닭을 설명하시오.

18 (중요) ☆

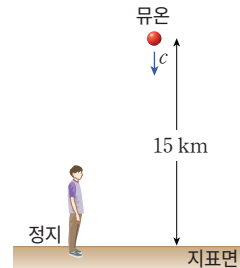
그림은 정지해 있는 관찰자 A에 대해 우주선이 $+x$ 방향으로 $0.9c$ 의 일정한 속력으로 운동하는 것을 나타낸 것이다. L, S 는 각각 관찰자 A가 측정한 우주선의 x 방향과 y 방향의 길이이다. (단, c 는 빛의 속력이고, x 방향과 y 방향의 고유 길이는 각각 L_0, S_0 이다.)



- (1) L 과 L_0 의 크기를 등호 또는 부등호를 이용하여 비교하시오.
- (2) S 와 S_0 의 크기를 등호 또는 부등호를 이용하여 비교하시오.
- (3) 우주선의 속력만 $0.5c$ 로 바꾸면 L, S 의 길이는 어떻게 변할지 설명하시오.

19

그림은 지표면으로부터 기준 높이 15 km 에서 생성된 고우수명이 $2.2 \mu\text{s}$ 인 뮤온 입자를 나타낸 것이다. (단, c 는 빛의 속력으로 $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ 이고, 시간 팽창을 고려할 때 뮤온의 수명은 $77 \mu\text{s}$ 이며, 길이 수축을 고려할 때 지표면까지 거리는 0.43 km 이다.)



- (1) 지표면에서 뮤온이 관측되는 까닭을 시간 팽창 개념을 이용하여 설명하시오.
- (2) 지표면에서 뮤온이 관측되는 까닭을 길이 수축 개념을 이용하여 설명하시오.

바른답 · 알찬풀이

기본탄탄문제 · 실력쑥쑥문제 해설
17강 시간과 공간의 상대성

기본 탄탄 문제

177 쪽

- 01 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ×
 02 ㉠ 관성, ㉡ 상대성 원리
 03 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × (5) ○
 04 (1) 연직, 비스듬한 (2) t_0 , 길다 (3) L_0 , 짧다 (4) 수평
 05 ㉠ 줄어들어, ㉡ 늘어나

01 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ×
 (3) 오토바이에서 본 자동차의 속력은 $60 - 40 = 20(\text{km/h})$ 이다.
 (4) 달리는 사람이 본 버스의 속력은 $50 - (-10) = 60(\text{km/h})$ 이다.

02 ㉠ 관성, ㉡ 상대성 원리
 서로 다른 관성 좌표계에서 운동하는 물체에 운동 법칙이 동일하게 적용되므로, 기준을 알지 못한 상태에서 정지 상태와 등속도 운동 상태를 구별할 수 없다. 이를 갈릴레이의 상대성 원리라고 한다.

03 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × (5) ○
 (2) 진공 중에서 진행하는 빛의 속력(c)은 모든 관성 좌표계에서 c 로 같다.
 (3) 관성 좌표계의 관찰자가 상대적으로 운동하는 관찰자를 보았을 때, 상대방의 시간은 느리게 간다.
 (4) 관성 좌표계의 관찰자가 상대적으로 운동하는 물체를 보았을 때, 길이가 수축되어 보인다.
 (5) 빠르게 지구 주위를 도는 GPS 위성은 상대성 이론에 따라 지구와의 시간 간격과 차이가 나기 때문에 이를 보정하는 과정을 거친다.

04 (1) 연직, 비스듬한 (2) t_0 , 길다 (3) L_0 , 짧다 (4) 수평
 (1) A가 관측할 때 빛은 연직 방향으로 진행하고, B가 관측할 때 빛은 비스듬한 방향으로 진행한다.
 (2) 빛 시계에 대해 정지한 관찰자 A가 측정한 시간이 고유 시간이며, 고유 시간 t_0 은 관찰자 B가 측정한 시간 t 보다 짧다.
 (3) 두 행성에 대해 정지한 관찰자 B가 측정한 거리 L_0 은 고유 길이이며, 고유 길이 L_0 은 관찰자 B가 측정한 거리 L 보다 길다.
 (4) 길이 수축은 물체가 운동하는 방향으로만 일어나며, 운동 방향과 수직인 방향으로 일어나지 않는다.

05 ㉠ 줄어들어, ㉡ 늘어나
 뮤온과 같이 움직이는 좌표계에서 관측할 때 뮤온이 발생한 지점에서 지표면까지의 거리가 줄어들기 때문에 뮤온이 지표면에 도달한다. 지표면에서 관측할 때 뮤온의 수명이 늘어나기 때문에 뮤온이 지표면에 도달한다.

일찍 뚫는 문제

178~181 쪽

- 01 ⑤ 02 ⑤ 03 ④ 04 ④ 05 ② 06 ③ 07 ①
 08 ⑤ 09 ④ 10 ③ 11 ④ 12 ② 13 ④ 14 ④

단답형·서술형 문제

- 15 (1) 예시 답안 관찰자 A의 좌표계는 등속도 운동을 하고, 관찰자 B의 좌표계는 정지해 있으므로 모두 관성 좌표계이다.
 (2) 예시 답안 관찰자 A는 공이 연직 위로 올라갔다 떨어지는 것으로 관찰하고, 관찰자 B는 공이 포물선으로 운동하는 것으로 관찰한다. (3) 예시 답안 관찰자 A가 본 공은 지면에 있을 때와 같은 운동을 하므로 자신이 정지해 있는지 등속도 운동을 하는지 구별할 수 없다.
 16 답 빛의 속력
 17 예시 답안 B, 정지한 관찰자 C가 측정한 운동하는 우주선 A, B의 시간은 팽창되고, 운동하는 우주선의 속력이 빠를수록 시간은 더 크게 팽창한다. 따라서 관찰자 C가 측정할 때 B의 속력이 A의 속력보다 빠르므로 B의 시간이 더 길다.
 18 (1) 답 $L < L_0$ (2) 답 $S = S_0$ (3) 예시 답안 우주선의 운동 방향으로 속력이 느려져 길이 수축이 더 작게 나타나므로 L 은 더 길어지고, 운동 방향과 수직인 방향으로 길이가 변하지 않으므로 S 는 변하지 않는다.
 19 (1) 예시 답안 시간 팽창을 고려하면 지표면에서 측정되는 뮤온의 수명은 $77 \mu\text{s}$ 이므로 진행할 수 있는 거리는 $3 \times 10^8 \times 77 \times 10^{-6} = 23.1(\text{km})$ 정도로 15 km보다 길어서 충분히 지표면에 도달할 수 있다.
 (2) 예시 답안 뮤온이 $2.2 \mu\text{s}$ 동안 진행할 수 있는 거리는 $3 \times 10^8 \times 2.2 \times 10^{-6} = 0.66(\text{km})$ 이지만, 뮤온 입장에서 지표면까지의 거리는 길이 수축을 고려하면 0.43 km 정도로 짧아서 충분히 지표면에 도달할 수 있다.

01 ㉡ ⑤
 상대 속도는 관찰자가 측정하는 물체의 속도로, 물체의 속도에서 관찰자의 속도를 빼서 구한다. A에서 보는 B의 상대 속도 $v_B - v_A = 60 - (-45) = 105(\text{km/h})$ 이다.

02 ㉡ ⑤
 E의 속력은 일정해도 방향이 변하므로 가속도 운동을 하는 비관성 좌표계이다.

오답 피하기 A, B, C, D는 정지해 있거나 등속 직선 운동을 하므로 관성 좌표계이다.

03 ㉡ ④
 A. 정지해 있거나 등속 직선 운동을 하는 기준 좌표계를 관성 좌표계라고 한다.

C. 서로 다른 관성 좌표계에서 물체의 운동은 상대 속도 차이만 있을 뿐 운동 법칙은 동일하게 적용된다.

오답 피하기 B. 가속도 운동을 하는 기준 좌표계는 비관성 좌표계이다.

04

답 ④

ㄴ. A는 관성계에 있으므로 갈릴레이의 상대성 원리에 따라 정지 상태인지 등속도 운동 상태인지 구분할 수 없다.

ㄷ. 상대성 원리에 따라 A, B의 관성계에서 b의 운동 상태를 기술하는 물리 법칙은 동일하다.

오답 피하기 ㄱ. A가 보는 a처럼 B가 보는 b 역시 기울어져 있지 않고, 연직 방향으로 매달려 있다.

05

답 ②

ㄷ. 두 상황에서 정지한 관성 좌표계와 운동하는 관성 좌표계가 구별되어 갈릴레이의 상대성 원리에 위배된다. 이를 해결하기 위해 특수 상대성 이론의 가설이 제시되었다.

오답 피하기 ㄱ, ㄴ. 정지해 있는 관찰자 A는 자신의 얼굴을 볼 수 있지만 빛과 같은 속력으로 움직이고 있는 관찰자 B는 자신의 얼굴에서 반사한 빛과 같은 속력으로 움직이고 있으므로 얼굴에서 반사된 빛이 거울에 닿지 않아 자신을 볼 수 없다. 따라서 관성 좌표계가 구별되므로 갈릴레이의 상대성 원리에 위배된다.

06

답 ③

특수 상대성 이론에서 진공 속을 진행하는 빛의 속력(c)은 광원이나 관찰자의 속력에 관계없이 모든 관성계에서 c 로 일정하다.

07

답 ①

상대성 원리에 의하면 모든 관성 좌표계에서 물리 법칙은 동일하게 성립한다. 광속 불변 원리에 의하면 진공에서 빛의 속력(c)은 모든 관성 좌표계에서 c 로 일정하다.

08

답 ⑤

진공에서 빛의 속력은 모든 관성 좌표계에서 c 로 동일하다. 따라서 관찰자 A, B, C가 측정할 빛의 속력은 c 로 모두 같다.

09

답 ④

ㄴ. 모든 관성계에서 빛의 속력은 c 로 일정하다. 따라서 A, B, C가 측정할 빛의 속력은 모두 c 로 같다.

ㄷ. 시간 팽창은 우주선의 속력이 빠를수록 더 크게 나타나므로 정지한 관찰자 C가 측정했을 때 우주선 A의 시간은 우주선 B의 시간보다 느리게 측정된다.

오답 피하기 ㄱ. 우주선 밖 정지한 관찰자 C가 보았을 때 우주선 안 A, B의 시간은 느리게 간다.

10

답 ③

ㄷ. 관찰자 B가 측정할 때 빛이 왕복하는 데 걸린 시간은 $\frac{2L}{c}$ 이

고, 관찰자 A가 측정할 때 빛은 비스듬히 이동하므로 왕복하는 데 이동한 거리는 $2L$ 보다 길다. 따라서 빛이 왕복하는 데 걸리는 시간은 $\frac{2L}{c}$ 보다 길다.

오답 피하기 ㄱ. 지면에 정지한 관찰자 A가 측정한 시간은 우주선 안 관찰자 B가 측정한 시간보다 느리게 간다.

ㄴ. A의 관성계에서 빛이 왕복하는 데 걸린 시간은 상대 시간이고, B의 관성계에서 빛이 왕복하는 데 걸린 시간은 고유 시간이다.

11

답 ④

B, D는 막대의 길이 방향과 상대 운동 방향이 수직하므로 길이 수축이 발생하지 않고, C는 막대의 길이 방향과 상대 운동 방향이 나란하므로 길이 수축이 발생한다. 즉, 상대 운동에 의한 길이 수축 효과는 운동 방향에 놓인 길이에 해당하므로 $a=b=d>c$ 이다.

12

답 ②

ㄷ. A의 속력 $0.6c$ 는 B의 속력 $0.8c$ 보다 느리다. 따라서 B에 의한 길이 수축이 더 크게 나타나므로 A가 측정한 P와 Q 사이의 거리는 B가 측정할 때보다 길다.

오답 피하기 ㄱ. C의 관성계에서 A가 $6L$ 을 $0.6c$ 로 이동하는 데 걸린 시간과 B가 $8L$ 을 v 의 속력으로 이동하는 데 걸린 시간은 같으므로 $v=0.8c$ 이며, B의 속력이 c 보다 클 수 없다.

ㄴ. 기준선 P, Q는 관찰자 C에 대해 정지해 있으므로 관찰자 C가 관측한 P와 Q 사이의 길이 $14L$ 이 고유 길이이다. 관찰자 A가 측정한 P와 Q 사이 길이는 상대 길이로 $14L$ 보다 짧다.

13

답 ④

ㄴ. (가)의 경우 시간 팽창에 의해 뮤온의 수명이 늘어나 뮤온이 지표면에 도달한다. (나)의 경우 길이 수축에 의해 지표면까지의 거리가 감소해 뮤온이 지표면에 도달한다.

ㄷ. (나)의 경우 뮤온이 발생한 지점에서 지표면까지의 거리가 줄어들기 때문에 지표면에 도달한다.

오답 피하기 ㄱ. 지표면에 있는 관찰자가 측정할 때 상대적으로 빠르게 운동하는 뮤온의 수명은 시간 팽창에 의해 늘어나므로 $2.2\mu\text{s}$ 보다 길다.

14

답 ④

A. 상대성 이론은 GPS 위성 등 과학과 기술 분야에 큰 영향을 미쳤다.

C. 인공위성은 매우 매우 빠른 속도로 지구 주위를 돌기 때문에 상대성 이론에 따라 지구에서와 인공위성에서의 시간이 다르게 흐른다. 따라서 시간을 보정하지 않으면 오차가 발생해 정확도가 떨어진다.

오답 피하기 B. 상대성 이론은 과학과 기술, 예술, 문화, 사회 등 다양한 분야에 영향을 미쳤다.

15

(1) 관성 좌표계는 관성 법칙이 성립하는 좌표계이다. 관찰자 A의 좌표계는 등속도 운동을 하고, 관찰자 B의 좌표계는 정지해 있으므로 모두 관성 좌표계이다.