Ⅰ. 역학과 에너지 · 시간과 공간

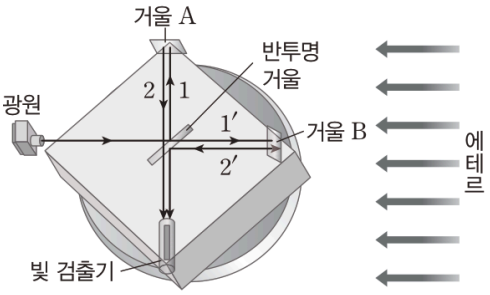
특수 상대성 이론 모의고사 제1회

10문항 · 객관식/단답형

기본 개념 확인 — 상대성 원리·광속 불변, 시간 팽창, 길이 수축, 동시성의 상대성

이름 _____ 점수 _____

01 그림은 마이컬슨·몰리 실험 장치를 모식적으로 나타낸 것이다. 광원에서 방출된 빛은 반투명 거울에서 나뉘어 경로 1 → 거울 A → 2와 경로 1′ → 거울 B → 2′를 따라 진행한 후 빛 검출기에 도달한다. [2 점]



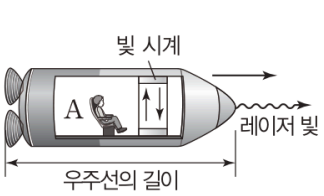
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

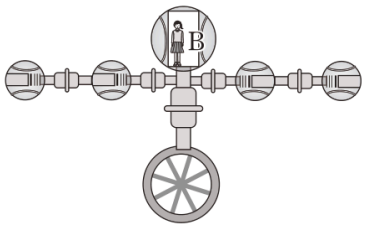
〈보 기〉

ㄱ. 이 실험은 지구가 에테르에 대해 운동한다면 두 경로를 따라 진행한 빛이 검출기에 도달하는 시간이 서로 다를 것이라고 예상하였다.
ㄴ. 실험 결과, 빛의 속력은 진행 방향에 따라 다르게 측정되었다.
ㄷ. 이 실험을 통해 에테르의 존재가 증명되었다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 그림과 같이 관찰자 A가 탄 우주선이 관찰자 B가 탄 우주 정거장을 향해 광속에 가까운 속력으로 등속도 운동을 한다. 우주선에서는 우주 정거장을 향해 레이저 빛을 방출하고, 우주선에는 우주선의 운동 방향에 수직인 방향으로 빛을 방출하는 빛 시계가 놓여 있다. [2 점]





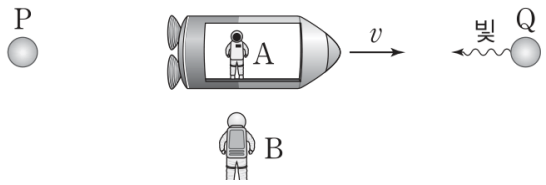
B의 관성계에서 측정한 값이 A의 관성계에서 측정한 값보다 **큰** 물리량만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

〈보 기〉

ㄱ. 우주선의 길이
ㄴ. 레이저 빛의 속력
ㄷ. 빛 시계에서 빛이 한 번 왕복하는 데 걸린 시간

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 그림과 같이 관찰자 A가 탄 우주선이 천체 P에서 천체 Q를 향해 관찰자 B에 대해 광속에 가까운 속력 v로 등속도 운동을 한다. B의 관성계에서 P, Q는 정지해 있고, P와 Q 사이의 거리는 L이다. Q에서 P를 향해 빛이 방출된다. [2 점]



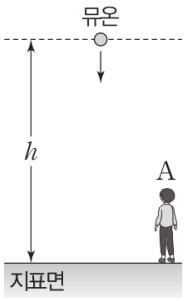
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

〈보 기〉

ㄱ. B의 관성계에서, A의 시간은 B의 시간보다 느리게 간다.
ㄴ. A의 관성계에서, P와 Q 사이의 거리는 L보다 작다.
ㄷ. B의 관성계에서, A가 P에서 Q까지 이동하는 데 걸린 시간은 $\frac{L}{v}$보다 크다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 그림은 지표면에 정지한 관찰자 A의 관성계에서 지표면으로부터 높이가 h인 곳에서 생성된 뮤온이 광속에 가까운 속력으로 지표면을 향해 운동하는 모습을 나타낸 것이다. [2 점]



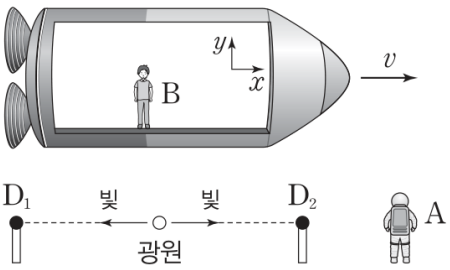
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

〈보 기〉

ㄱ. 뮤온의 관성계에서 측정한 뮤온의 수명은 A의 관성계에서 측정한 뮤온의 수명보다 길다.
ㄴ. 뮤온의 관성계에서, 지표면은 뮤온에 대해 광속에 가까운 속력으로 운동한다.
ㄷ. A의 관성계에서 측정한 h는 고유 길이이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 그림과 같이 관찰자 A에 대해 관찰자 B가 탄 우주선이 $+x$방향으로 광속에 가까운 속력 v로 등속도 운동을 한다. A의 관성계에서 광원과 검출기 D_1, D_2는 정지해 있고, 이들을 잇는 직선은 x축과 나란하다. A의 관성계에서 광원에서 동시에 방출된 빛은 D_1, D_2에 동시에 도달한다. [2 점]



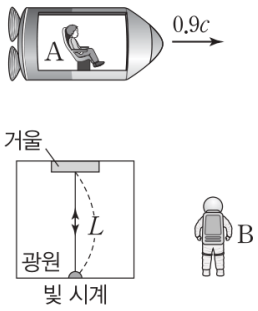
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

〈보 기〉

ㄱ. A의 관성계에서, 광원과 D_1 사이의 거리는 광원과 D_2 사이의 거리와 같다.
ㄴ. B의 관성계에서, 빛은 D_2보다 D_1에 먼저 도달한다.
ㄷ. B의 관성계에서, D_1과 D_2 사이의 거리는 A의 관성계에서보다 작다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 그림은 관찰자 A가 탄 우주선이 관찰자 B에 대해 $0.9c$의 속력으로 등속도 운동을 하는 모습을 나타낸 것이다. 우주선의 운동 방향은 빛 시계의 광원과 거울을 잇는 직선에 수직인 방향이다. B의 관성계에서 빛 시계는 정지해 있고, 광원과 거울 사이의 거리는 L이다. (단, c는 빛의 속력이다.) [2 점]



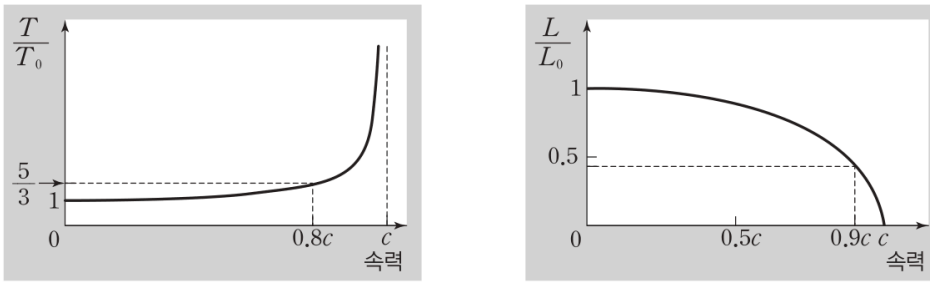
A의 관성계에서, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

〈보 기〉

ㄱ. 광원과 거울 사이의 거리는 L이다.
ㄴ. 광원에서 방출된 빛이 거울까지 진행하는 데 걸린 시간은 $\frac{L}{c}$보다 크다.
ㄷ. B의 시간은 A의 시간보다 느리게 간다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 그림은 관찰 대상의 상대 속력에 따른 시간 팽창 정도 $\frac{T}{T_0}$와 길이 수축 정도 $\frac{L}{L_0}$를 나타낸 것이다. T_0는 고유 시간, L_0은 고유 길이이다. [3 점]



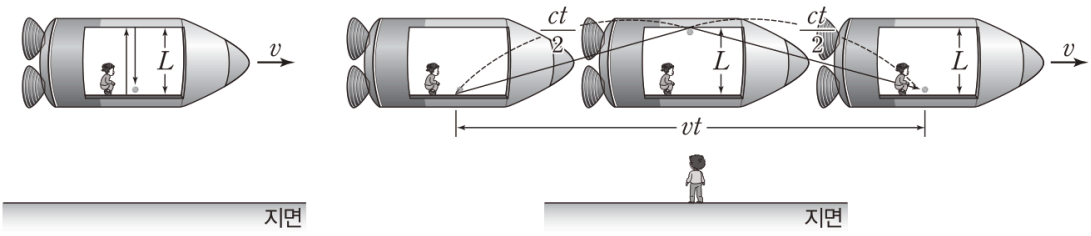
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

〈보 기〉

ㄱ. 시간 팽창 효과는 상대 속력이 작을수록 크게 나타난다.
ㄴ. 상대 속력이 클수록 $\frac{L}{L_0}$은 작아진다.
ㄷ. 상대 속력이 $0.8c$일 때 $\frac{L}{L_0}=\frac{3}{5}$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 그림 (가)는 지면에 대해 오른쪽으로 $0.6c$의 속력으로 등속도 운동을 하는 우주선 안에서 바닥에서 수직 위로 발사된 빛이 거리 L만큼 떨어진 천장의 거울에서 반사되어 되돌아오는 모습을, (나)는 이 과정을 지면에 있는 관찰자가 관찰한 모습을 나타낸 것이다. [3 점]

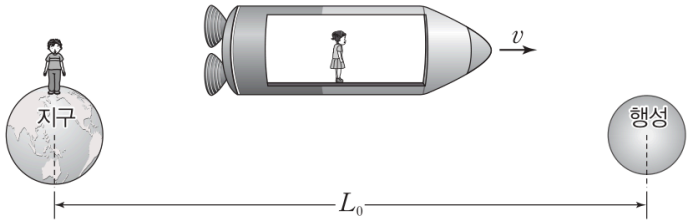


(가) (나)

지면에 있는 관찰자가 측정할 때, 빛이 바닥에서 출발하여 다시 바닥으로 되돌아올 때까지 걸린 시간 t는 $\frac{L}{c}$의 몇 배인지 쓰시오. (단, c는 빛의 속력이다.)

답 : _____

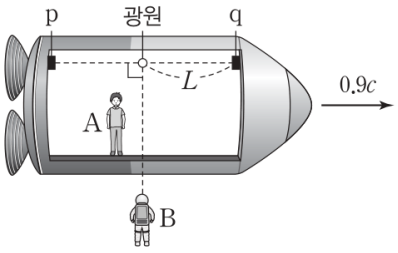
09 그림과 같이 지구에 정지해 있는 관찰자에 대해 우주선이 $0.8c$의 속력으로 행성을 향해 등속도 운동을 한다. 지구의 관찰자가 측정한 지구와 행성 사이의 거리 L_0은 8광년이며, 지구와 행성은 서로에 대해 정지해 있다. [3 점]



우주선의 관성계에서, 우주선이 지구를 지나는 순간부터 행성에 도달하는 순간까지 걸린 시간은 몇 년인지 쓰시오. (단, c는 빛의 속력이고, 1광년은 빛이 1년 동안 진행하는 거리이다.)

답 : _____

10 그림과 같이 관찰자 A가 탄 우주선이 관찰자 B에 대해 $0.9c$의 속력으로 검출기 p, 광원, 검출기 q를 잇는 직선과 나란한 방향으로 등속도 운동을 한다. A의 관성계에서 광원과 p 사이의 거리, 광원과 q 사이의 거리는 L로 같으며, 광원에서 p, q를 향해 동시에 빛이 방출된다. [2 점]



다음 문장의 ㉠, ㉡에 알맞은 말을 쓰시오. (단, c는 빛의 속력이다.)

B의 관성계에서 빛은 검출기 (㉠)에 먼저 도달하고, B의 관성계에서 측정한 광원과 q 사이의 거리는 L보다 (㉡).

답 : _____

정답과 해설 — 제1회

1	①	**2**	②	**3**	③	**4**	④	**5**	③
6	⑤	**7**	④	**8**	$\frac{5}{2}$ (= 2.5)	**9**	6년	**10**	㉠ p, ㉡ 작다

01 **정답 ①** ㄱ. 에테르의 흐름에 대한 빛의 진행 방향이 두 경로에서 다르므로 도달 시간 차를 예상하였다. ㄴ. 두 경로의 빛은 검출기에 동시에 도달하여 빛의 속력 차가 측정되지 않았다. ㄷ. 에테르의 존재를 증명하지 못하였으며, 이 결과는 광속 불변 원리의 근거가 되었다.

02 **정답 ②** ㄱ. 우주선의 고유 길이는 A가 측정한 값이고, B의 관성계에서는 길이 수축으로 더 짧다. ㄴ. 광속 불변 원리에 의해 두 관성계에서 같다. ㄷ. A가 측정한 시간이 고유 시간이므로 B의 관성계에서는 시간 팽창에 의해 더 길다.

03 **정답 ③** ㄱ. B의 관성계에서 운동하는 A의 시간은 느리게 간다. ㄴ. P와 Q 사이의 고유 길이는 L이고, A의 관성계에서는 길이 수축이 일어난다. ㄷ. B의 관성계에서 거리 L을 속력 v로 이동하므로 걸린 시간은 $\frac{L}{v}$이다.

04 **정답 ④** ㄱ. 뮤온의 관성계에서 측정한 수명이 고유 시간으로 가장 짧다. ㄴ. 상대 운동이므로 뮤온의 관성계에서는 지표면이 다가온다. ㄷ. 생성 지점과 지표면은 A에 대해 정지해 있으므로 h는 고유 길이이다.

05 **정답 ③** ㄱ. A의 관성계에서 빛의 속력이 같고 동시에 도달하므로 두 거리는 같다. ㄴ. B의 관성계에서 장치는 $-x$방향으로 운동하므로 D_2는 빛을 향해 다가가고 D_1은 빛으로부터 멀어진다. 빛은 D_2에 먼저 도달한다. ㄷ. D_1, D_2 사이의 고유 길이는 A가 측정하며, B의 관성계에서는 길이 수축이 일어난다.

06 **정답 ⑤** ㄱ. 운동 방향에 수직인 길이는 수축되지 않는다. ㄴ. A의 관성계에서 빛 시계가 운동하므로 빛은 비스듬한 경로로 L보다 긴 거리를 진행한다. ㄷ. A의 관성계에서 운동하는 B의 시간은 느리게 간다.

07 **정답 ④** ㄱ. 상대 속력이 클수록 $\frac{T}{T_0}$가 커진다. ㄴ. 그래프에서 속력이 클수록 $\frac{L}{L_0}$이 감소한다. ㄷ. $0.8c$일 때 $\frac{T}{T_0}=\frac{5}{3}$이고 $\frac{L}{L_0}=\frac{T_0}{T}=\frac{3}{5}$이다.

08 **정답 $\frac{5}{2}$ (= 2.5)** 빗변: $(c\frac{t}{2})^2=(v\frac{t}{2})^2+L^2$에서 $t=\frac{2L}{c\sqrt{1-0.36}}=\frac{2L}{0.8c}=2.5\frac{L}{c}$이다.

09 **정답 6년** 우주선의 관성계에서 지구와 행성 사이의 거리는 $8\times0.6=4.8$광년이다. 따라서 걸린 시간은 $4.8/0.8=6$년이다.

10 **정답 ㉠ p, ㉡ 작다** B의 관성계에서 우주선은 오른쪽으로 운동하므로 뒤쪽의 p는 빛을 향해 다가가고 q는 빛으로부터 멀어진다. 따라서 빛은 p에 먼저 도달한다. 광원과 q 사이의 고유 길이는 L이므로 B의 관성계에서는 L보다 작다.