

엔픽 · 통합과학 물리

기본탄탄 · 실력쑥쑥 집중

I 힘과 에너지

1 힘과 운동

03강

작용 반작용과 운동량 보존

기본탄탄 · 실력쑥쑥

03강 작용 반작용과 운동량 보존

기본 탄탄 문제

1 뉴턴 제3법칙(작용 반작용 법칙)

01 다음은 어떤 운동 법칙에 대한 설명이다. () 안에 들어갈 알맞은 말을 쓰시오.

한 물체 A가 다른 물체 B에 힘 F_{AB} 를 작용하면, 동시에 물체 B도 물체 A에 힘 F_{BA} 를 작용한다. 이때 F_{AB} 를 작용이라고 하면 F_{BA} 를 (㉠) (이)라고 하며, F_{AB} 와 F_{BA} 의 크기는 (㉡) (이)고, 방향은 (㉢) (이)다.

02 작용 반작용 법칙에 대한 설명으로 옳은 것은 ○표, 옳지 않은 것은 ×표 하시오.

- (1) 작용 반작용 관계에 있는 두 힘은 같은 물체에 동시에 작용한다. ()
- (2) 나뭇가지에 매달린 사과가 나뭇가지를 당기는 힘의 반작용은 나뭇가지가 사과를 당기는 힘이다. ()
- (3) 사람이 벽을 밀 때, 벽이 사람을 미는 힘의 크기는 사람이 벽을 미는 힘의 크기보다 크다. ()
- (4) 지구가 지구 주위를 도는 인공위성에 작용하는 힘의 크기는 인공위성이 지구에 작용하는 힘의 크기와 같다. ()

03 오른쪽 그림은 천장에 질량을 무시할 수 있는 실로 연결된 물체가 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은 ○표, 옳지 않은 것은 ×표 하시오.

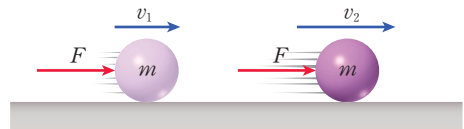


- (1) 실이 물체를 당기는 힘의 크기는 물체의 무게와 같다. ()
- (2) 실이 물체를 당기는 힘의 반작용은 실이 천장을 당기는 힘이다. ()
- (3) 물체가 실을 당기는 힘과 실이 물체를 당기는 힘은 힘의 평형을 이루는 두 힘이다. ()

2 운동량 보존

04 다음은 어떤 물리량에 대한 설명이다. () 안에 들어갈 알맞은 식 또는 단어를 쓰시오.

그림과 같이 마찰 및 공기 저항이 없는 수평면에서 질량 m 인 물체에 힘 F 를 시간 Δt 동안 작용했더니 물체의 속도가 v_1 에서 v_2 로 변했다.



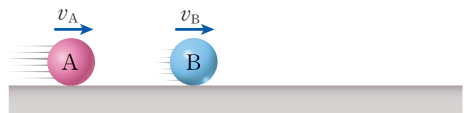
뉴턴 제2법칙에 따라 다음 식을 만족한다.

$$F = ma = m \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{(\text{㉠}) - (\text{㉡})}{\Delta t}$$

이때 (㉠) - (㉡)은/는 (㉢)의 변화량과 같으

므로 $F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$ 이다.

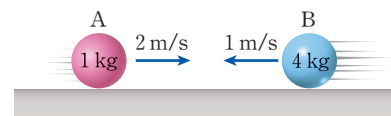
05 그림은 수평인 일직선상에서 물체 A, B가 각각 일정한 속력 v_A, v_B 로 운동하는 모습을 나타낸 것이다. A, B는 같은 방향으로 운동하다가 시간이 지난 뒤 충돌한다.



이에 대한 설명으로 옳은 것은 ○표, 옳지 않은 것은 ×표 하시오. (단, 마찰 및 공기 저항은 무시한다.)

- (1) 충돌 전 v_A 는 v_B 보다 크다. ()
- (2) 충돌 과정에서 A가 B에 작용하는 힘의 방향은 충돌 전 B의 운동 방향과 같다. ()
- (3) 충돌 후 B의 속력은 v_B 보다 작다. ()

06 그림은 수평인 일직선상에서 질량이 각각 1 kg, 4 kg인 물체 A, B가 각각 일정한 속력 2 m/s, 1 m/s로 서로 반대 방향으로 운동하는 모습을 나타낸 것이다.

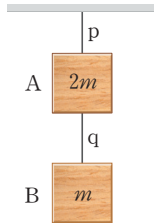


A와 B가 충돌한 뒤, A, B의 운동량의 합의 크기를 구하시오. (단, 마찰 및 공기 저항은 무시한다.)

1 뉴턴 제3법칙(작용 반작용 법칙)

01 중요

오른쪽 그림은 물체 A, B가 실 p, q로 연결되어 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다. A, B의 질량은 각각 $2m$, m 이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g 이고, 실의 질량은 무시한다.)



보기

- ㄱ. q가 B를 당기는 힘의 크기는 mg 이다.
- ㄴ. p가 A를 당기는 힘의 크기는 q가 A를 당기는 힘의 크기의 2 배이다.
- ㄷ. q가 B를 당기는 힘의 반작용은 지구가 B를 당기는 힘이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

02 그림은 학생이 철봉에 매달려 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

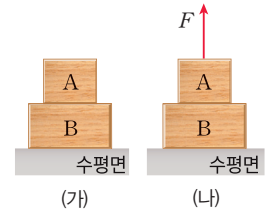
보기

- ㄱ. 학생에 작용하는 알짜힘의 크기는 학생의 무게와 같다.
- ㄴ. 학생에 작용하는 중력의 반작용은 철봉이 학생에 작용하는 힘이다.
- ㄷ. 학생이 철봉을 당기는 힘의 크기는 지면이 철봉을 떠받치는 힘의 크기보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

오른쪽 그림 (가)는 물체 A, B가 수평면에 정지해 있는 모습을, (나)는 (가)에서 A에 연직 위 방향으로 크기 F 인 힘을 가할 때 A, B가 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다. 수평면이 B를 떠받치는 힘의 크기는 (가)에서가 (나)에서의 2 배이고, B가 A에 가하는 힘의 크기는 (가)에서가 (나)에서의 3 배이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



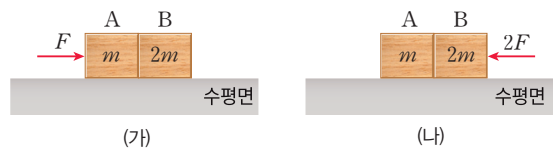
보기

- ㄱ. (나)에서 B가 A에 가하는 힘의 크기는 $0.5F$ 이다.
- ㄴ. 질량은 A가 B의 2 배이다.
- ㄷ. (가)에서 수평면이 B를 떠받치는 힘의 크기는 $2F$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

04 중요

그림 (가)는 수평면상에 놓여 접촉해 있는 물체 A, B 중 A에 크기 F 인 힘을 수평 방향으로 가하는 모습을, (나)는 B에 크기 $2F$ 인 힘을 수평 방향으로 가하는 모습을 나타낸 것이다. (가), (나)에서 A, B는 등가속도 운동을 한다. A, B의 질량은 각각 m , $2m$ 이다.



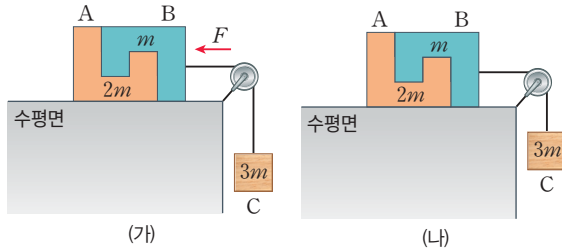
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 마찰 및 공기 저항은 무시한다.)

보기

- ㄱ. A의 가속도의 크기는 (나)에서가 (가)에서의 2 배이다.
- ㄴ. A가 B에 가하는 힘의 크기는 (가)에서와 (나)에서가 같다.
- ㄷ. (나)에서 A가 B에 가하는 힘의 반작용은 B가 A에 가하는 힘이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

- 05** 그림 (가)는 물체 A, B를 엮어서 수평면에 놓고 실로 물체 C와 연결한 뒤, 수평면과 나란한 방향으로 크기가 F 로 일정한 힘을 작용하는 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 F 를 제거한 모습을 나타낸 것이다. C의 가속도 크기는 (나)에서가 (가)에서의 2 배이고, 방향은 반대이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g 이고, 실의 질량, 모든 마찰 및 공기 저항은 무시한다.)

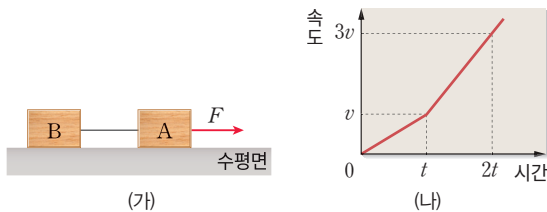
보기

- ㄱ. (가)에서 C의 가속도의 크기는 $\frac{1}{4}g$ 이다.
 ㄴ. $F = 4mg$ 이다.
 ㄷ. A가 B에 가하는 힘의 크기는 (가), (나)에서 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
 ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

2 운동량 보존

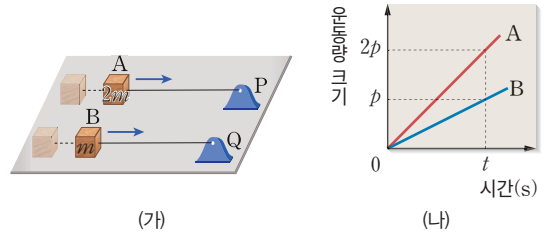
- 06** 그림 (가)는 수평면에서 물체 A, B를 실로 연결하고 A에 수평 방향으로 크기가 F 인 힘을 작용하는 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 A의 속도를 시간에 따라 나타낸 것이다. t 일 때 A와 B를 연결한 실이 끊어졌다.



$2t$ 일 때 A, B의 운동량의 크기 비 $p_A : p_B$ 는? (단, 실의 질량과 마찰 및 공기 저항은 무시한다.)

- ① 1 : 1 ② 4 : 3 ③ 3 : 2
 ④ 2 : 1 ⑤ 3 : 1

- 07** 그림 (가)는 수평면에 고정된 전동기 P, Q가 각각 정지해 있는 물체 A, B를 수평 방향으로 끌어당기는 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 A, B의 운동량 크기를 시간에 따라 나타낸 것이다. A, B의 질량은 각각 $2m, m$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 마찰 및 공기 저항은 무시한다.)

보기

- ㄱ. A는 등가속도 운동을 한다.
 ㄴ. P가 A를 당기는 힘의 크기는 Q가 B를 당기는 힘의 크기의 2 배이다.
 ㄷ. t 일 때, 속력은 A와 B가 같다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

- 08** 그림은 수평인 일직선상에서 질량이 같은 물체 A, B가 서로를 향해 각각 $2v, v$ 의 일정한 속력으로 운동하는 모습을 나타낸 것이다.



A, B가 충돌한 뒤 일어날 수 있는 A, B의 운동에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 마찰 및 공기 저항은 무시한다.)

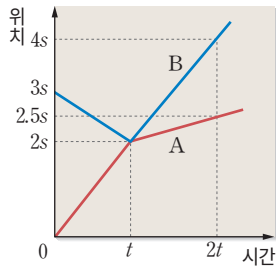
보기

- ㄱ. 서로 반대 방향으로 운동하며 속력은 A가 B보다 크다.
 ㄴ. 한 덩어리가 되어 $+x$ 방향으로 운동한다.
 ㄷ. 모두 $+x$ 방향으로 운동하며 속력은 B가 A보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

09 오른쪽 그림은 수평인 일직선상에서 운동하는 물체 A, B의 위치를 시간에 따라 나타낸 것이다. t 일 때 A, B는 충돌한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 마찰 및 공기 저항은 무시한다.)

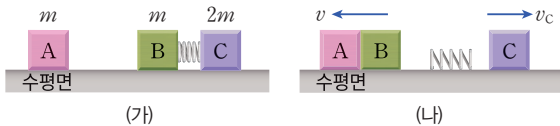


보기

- ㄱ. 충돌 전후 속도 변화량의 크기는 A가 B보다 크다.
- ㄴ. 질량은 A가 B의 2 배이다.
- ㄷ. $2t$ 일 때 운동량의 크기는 B가 A의 4 배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

10 그림 (가)는 수평인 일직선상에서 물체 A는 정지해 있고, 물체 B와 C는 사이에 용수철을 압축한 상태로 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 용수철이 완전히 퍼진 뒤, B가 A와 충돌해 한 덩어리가 되어 속력 v , C는 속력 v_c 로 등속 운동을 하는 모습을 나타낸 것이다. A, B, C의 질량은 각각 $m, m, 2m$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 용수철의 질량과 마찰 및 공기 저항은 무시한다.)

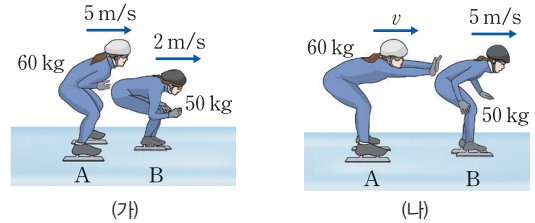
보기

- ㄱ. (나)에서 A와 B가 충돌하기 직전, 속력은 B가 C의 2 배이다.
- ㄴ. $v_c = 2v$ 이다.
- ㄷ. (나)에서 A와 B가 충돌한 뒤, A의 운동량의 크기와 C의 운동량의 크기는 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

11 중요

그림 (가)는 수평인 얼음판에서 5 m/s 의 속력으로 운동하는 질량 60 kg 인 선수 A가 2 m/s 의 속력으로 운동하는 질량 50 kg 인 선수 B를 밀기 직전 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 A가 B를 밀고 난 직후 A와 B가 각각 $v, 5 \text{ m/s}$ 의 속력으로 운동하는 모습을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B는 동일 직선상에서 운동하며, 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

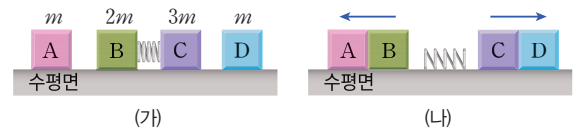
보기

- ㄱ. (가)에서 (나)가 되는 동안 운동량 변화량의 크기는 A, B가 같다.
- ㄴ. A가 B를 밀는 동안 A가 B에 작용하는 힘의 크기는 B가 A에 작용하는 힘의 크기보다 크다.
- ㄷ. $v = 3 \text{ m/s}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

12

그림 (가)는 수평인 일직선상에서 물체 A, D는 정지해 있고, B와 C는 사이에 용수철을 압축한 상태로 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 용수철이 완전히 퍼진 뒤, A와 B, C와 D가 각각 충돌해 한 덩어리로 등속 운동을 하는 모습을 나타낸 것이다. A, B, C, D의 질량은 각각 $m, 2m, 3m, m$ 이다.



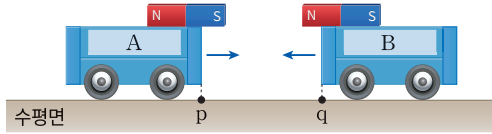
A, D와 충돌 전후 B, C의 운동량 변화량의 크기를 각각 p_1, p_2 라 할 때, $\frac{p_1}{p_2}$ 은? (단, 용수철의 질량과 마찰 및 공기 저항은 무시한다.)

- ① 1 ② $\frac{4}{3}$ ③ $\frac{6}{5}$ ④ 2 ⑤ $\frac{9}{4}$

단답형·서술형 문제

13

그림은 동일한 자석을 고정한 수레 A, B가 수평인 일직선상에서 서로를 향해 운동하며 각각 점 p, q를 지나는 모습을 나타낸 것이다. 질량은 A가 B보다 크다.

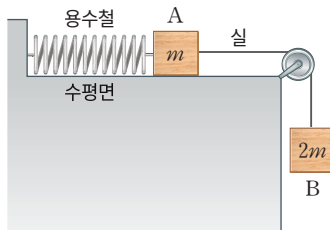


A, B가 각각 p, q를 지나는 순간, A, B 중 어느 물체의 가속도가 더 큰지 다음 단어를 모두 포함하여 설명하시오. (단, 마찰 및 공기 저항은 무시한다.)

가속도 법칙, 작용 반작용 법칙

14

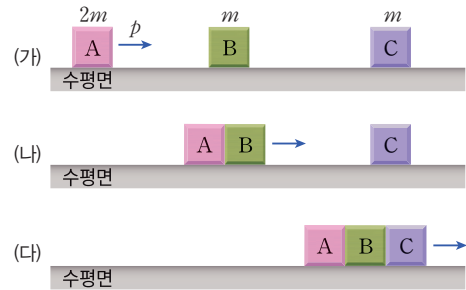
그림은 수평면에서 한 끝이 고정된 용수철에 물체 A를 연결하고, 실로 A와 물체 B를 연결했을 때 A, B가 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다. A, B의 질량은 각각 m , $2m$ 이다. (단, 중력 가속도는 g 이고, 용수철과 실의 질량 및 모든 마찰은 무시한다.)



- (1) 용수철이 A를 당기는 힘과 작용 반작용 관계에 있는 힘을 쓰시오.
- (2) 용수철이 A를 당기는 힘과 힘의 평형 관계에 있는 힘을 쓰시오.
- (3) 용수철이 A를 당기는 힘의 크기는 mg 의 몇 배인지 풀이 과정과 함께 구하시오.

15

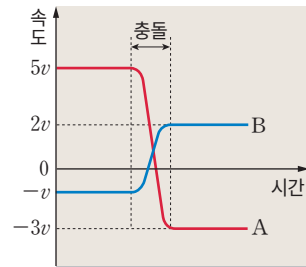
그림 (가)는 수평인 일직선상에서 물체 A가 정지해 있는 두 물체 B, C를 향해 등속 운동을 하는 모습을 나타낸 것이다. A의 운동량의 크기는 p 이다. 그림 (나)는 A가 B와 충돌한 뒤 한 덩어리가 되어 운동하는 모습을 나타낸 것이다. 그림 (다)는 한 덩어리가 된 A, B가 C와 충돌한 뒤 A, B, C가 한 덩어리가 되어 운동하는 모습을 나타낸 것이다. A, B, C의 질량은 각각 $2m$, m , m 이다.



(가)의 순간부터 (다)의 순간까지 A의 속도 변화량의 크기는 $\frac{p}{m}$ 의 몇 배인지 풀이 과정과 함께 구하시오. (단, 마찰 및 공기 저항은 무시한다.)

16

그림은 수평인 일직선상에서 운동하다가 충돌하는 두 물체 A, B의 속도를 시간에 따라 나타낸 것이다. A의 질량은 m 이다. (단, 마찰 및 공기 저항은 무시한다.)



- (1) 충돌 전후 A의 운동량 변화량의 크기는 mv 의 몇 배인지 풀이 과정과 함께 구하시오.
- (2) B의 질량은 A의 질량의 몇 배인지 풀이 과정과 함께 구하시오.

바른답 · 알찬풀이

기본탄탄문제 · 실력쑥쑥문제 해설
03강 작용 반작용과 운동량 보존

채점 기준	배점(%)
시간에 따른 속도 그래프 아랫부분의 넓이를 이용해 d 를 올바르게 구한 경우	100
시간에 따른 속도 그래프의 기울기를 이용해 A의 가속도를 구하고, 이 가속도를 등가속도 직선 운동의 식에 적용함과 동시에, B가 등속 운동을 하는 것을 이용하여 d 를 올바르게 구한 경우에도 정답 인정	100
시간에 따른 속도 그래프의 기울기를 이용해 A의 가속도를 구해 A의 속도 $v_A = 2t$ 이며, B와 A의 시간에 따른 속도 차이는 $-4 + 2t$ 이기 때문에 d 는 처음 속도가 -4 m/s, 가속도가 2 m/s ² 인 물체가 6 초 동안 이동한 거리로 볼 수 있다는 원리로 d 를 올바르게 구한 경우에도 정답 인정	100
풀이 과정이 없이 d 만 올바르게 쓴 경우	40

16

자료 분석 뉴턴 제2법칙과 등가속도 운동

각 구간에서의 이동 거리는 0.1 초라는 일정한 시간 간격 동안 이동한 거리이므로 속력으로 볼 수 있다. 그리고 각 구간에서의 이동 거리 차이는 일정한 시간 동안 속력 변화인 가속도의 크기로 볼 수 있다. 따라서 (나), (다)에서 이동 거리를 통해 알 수 있는 속력과 가속도의 크기는 다음 표와 같다.

구간	I	II	III	IV	V
(나)에서 이동 거리(cm)	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
(나)에서의 속력 (cm/s)	5	10	15	20	25
(나)에서의 가속도 크기 (cm/s ²)	50	50	50	50	50
(다)에서 이동 거리(cm)	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0
(다)에서의 속력 (cm/s)	20	40	60	80	100
(다)에서의 가속도 크기 (cm/s ²)	200	200	200	200	200

(나)에서의 가속도 크기는 50 cm/s^2 , (다)에서의 가속도 크기는 200 cm/s^2 로, 가속도의 크기는 (다)에서가 (나)에서보다 크다. 한편 (나), (다)에서 작용한 알짜힘의 크기는 1 N 으로 같다. 따라서 뉴턴 제2법칙에 따라 질량은 (나)에서가 (다)에서보다 커야 하므로 $m_A > m_B$ 이다.

채점 기준	배점(%)
질량을 올바르게 비교하고, 그 까닭을 구간마다의 이동 거리가 의미하는 물리량이 속력(또는 속도의 크기)임을 이용해 가속도의 크기를 비교하고, 이를 뉴턴 제2법칙에 적용하여 질량 비교를 올바르게 설명한 경우	100
질량을 올바르게 비교하고, 속도 변화량(또는 가속도)이 (나)에서가 (다)에서보다 작기 때문이라고만 설명한 경우	50
질량을 올바르게 비교하였으나, 그 까닭을 올바르게 설명하지 않은 경우	20

03강 작용 반작용과 운동량 보존

탐구 확인 문제

30 쪽

01 (1) $\times$ (2) $\bigcirc$ (3) $\bigcirc$

02 (1) $-0.858 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$ (2) 0.776 m/s

01

(1) $\times$ (2) $\bigcirc$ (3) $\bigcirc$

(1) 탐구 결과 표에서 두 수레가 충돌 직전 수레 1의 운동량의 크기는 $0.456 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$ 로 수레 2의 운동량의 크기인 $0.309 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$ 보다 크다.

(2) 수레 2의 충돌 직전 속도는 $(-)$ 방향, 충돌 직후 속도는 $(+)$ 방향이다. 따라서 수레 2의 충돌 직전과 충돌 직후의 운동 방향은 서로 반대이다.

(3) 작용 반작용 법칙에 따라 수레 1과 2가 충돌하면서 서로에게 가한 힘의 크기는 같고, 방향은 반대이다.

02

(1) $-0.858 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$ (2) 0.776 m/s

(1) 모든 마찰과 공기 저항을 무시하므로 운동량은 보존된다. 따라서 충돌 후 수레 1과 2의 운동량 합은 충돌 전 수레 1과 2의 운동량 합과 같은 $0.540 \text{ kg}\times 0 + 0.286 \text{ kg}\times (-3 \text{ m/s}) = -0.858 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$ 이다.

(2) 충돌 후 수레 2의 속도를 v 라 하면, 충돌 전후 운동량 보존 법칙을 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$-0.858 \text{ kg}\cdot\text{m/s} = 0.540 \text{ kg}\times (-2 \text{ m/s}) + 0.286 \text{ kg}\times v$$

위 식을 풀면 $v = 0.776 \text{ m/s}$ 이다.

기본 탄탄 문제

31 쪽

01 ㉠ 반작용, ㉡ 같, ㉢ 반대

02 (1) $\times$ (2) $\bigcirc$ (3) $\times$ (4) $\bigcirc$

03 (1) $\bigcirc$ (2) $\times$ (3) $\times$

04 ㉠ mv_2 , ㉡ mv_1 , ㉢ 운동량

05 (1) $\bigcirc$ (2) $\bigcirc$ (3) $\times$

06 $2 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$

01

㉠ 반작용, ㉡ 같, ㉢ 반대

한 물체 A가 다른 물체 B에 힘을 작용하면, 물체 B도 물체 A에 크기가 같고 방향이 반대인 힘을 작용한다. 이때 A가 B에 작용하는 힘을 작용이라고 하면, B가 A에 작용하는 힘을 반작용이라고 한다.

즉, 작용 반작용 관계에 있는 두 힘은 크기가 같고 방향은 서로 반대이다.

02

답 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○

- (1) 작용 반작용 관계에 있는 두 힘은 각각 서로 다른 물체에 동시에 작용한다.
- (2) 나뭇가지에 매달린 사과를 나뭇가지를 당긴다. 이 힘에 대한 반작용으로 나뭇가지도 사과를 당긴다. 이때 서로를 당기는 두 힘의 크기는 같고, 방향은 서로 반대이다.
- (3) 사람이 벽을 밀면, 벽은 사람이 미는 힘과 크기가 같고 방향이 반대인 힘을 사람에게 작용한다.
- (4) 지구가 인공위성을 당기는 힘과, 인공위성이 지구를 당기는 힘은 작용 반작용 관계에 있는 두 힘으로, 두 힘의 크기는 같고 방향은 서로 반대이다.

03

답 (1) ○ (2) × (3) ×

- (1) 물체에는 실이 물체를 당기는 힘과 중력, 즉 지구가 물체를 당기는 힘이 작용하여 두 힘이 평형을 이루고 있다. 따라서 실이 물체를 당기는 힘의 크기는 물체에 작용하는 중력의 크기인 물체의 무게와 같다.
- (2) 실이 물체를 당기는 힘의 반작용은 물체가 실을 당기는 힘이다. 한편 실이 천장을 당기는 힘의 반작용은 천장이 실을 당기는 힘이다.
- (3) 물체가 실을 당기는 힘과 실이 물체를 당기는 힘은 작용 반작용 관계의 힘으로, 두 힘은 한 물체에 작용하지 않아 합성할 수 없다. 따라서 두 힘은 평형을 이루는 두 힘이 아니다.

04

답 ㉠ mv_2 , ㉡ mv_1 , ㉢ 운동량

$F = ma = m \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{mv_2 - mv_1}{\Delta t}$ 이다. 운동량은 질량과 속도의 곱이므로 $mv_2 - mv_1$ 은 운동량의 변화량과 같다. 따라서 $F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$ 이다.

05

답 (1) ○ (2) ○ (3) ×

- (1) A와 B가 충돌하기 위해서는 v_A 가 v_B 보다 커야 한다.
- (2), (3) 충돌 과정에서 A는 B에 B의 운동 방향과 같은 방향의 힘을 가하고, B는 A에 A의 운동 방향과 반대 방향의 힘을 가한다. 이에 따라 충돌 과정에서 A의 속력은 감소하고, B의 속력은 증가한다.

06

답 2 kg·m/s

A와 B가 충돌하기 전후 운동량은 보존된다. 즉, A와 B가 충돌한 뒤 운동량의 합은 충돌 전 운동량의 합과 같다. 충돌 전 A, B는 서로 반대 방향으로 운동하므로 두 물체의 충돌 전 운동량의 합은 다음과 같다.

$1 \text{ kg} \times 2 \text{ m/s} - 4 \text{ kg} \times 1 \text{ m/s} = -2 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$
따라서 충돌 후 A, B의 운동량의 합의 크기는 2 kg·m/s이다.

일력
목표 문제

32~35쪽

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

단답형·서술형 문제

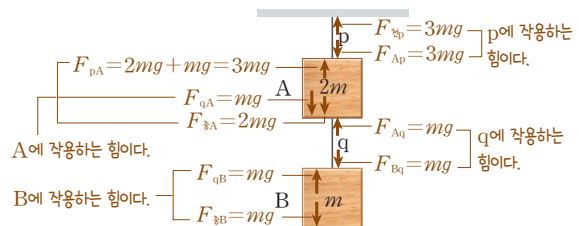
- 13 예시 답안 작용 반작용 법칙에 따라 A가 B에 작용하는 힘의 크기와 B가 A에 작용하는 힘의 크기는 같은데, 질량은 A가 B보다 크기 때문에 가속도 법칙에 따라 가속도의 크기는 B가 A보다 크다.
- 14 (1) 답 A가 용수철을 당기는 힘 (2) 답 실이 A를 당기는 힘
(3) 예시 답안 실이 B를 당기는 힘의 크기는 $2mg$ 이므로 실이 A를 당기는 힘의 크기는 $2mg$ 이다. 따라서 용수철이 A를 당기는 힘의 크기는 $2mg$ 로, mg 의 2 배이다.
- 15 예시 답안 운동량 보존 법칙에 따라 (가), (다)에서 모두 A ~ C의 운동량의 총합은 p 이므로 A의 속력은 (가)에서 $\frac{p}{2m}$ 이고, (다)에서 $\frac{p}{2m+m+m} = \frac{p}{4m}$ 이다. 따라서 (가)의 순간부터 (다)의 순간까지 A의 속도 변화량의 크기는 $\left| \frac{p}{4m} - \frac{p}{2m} \right| = \frac{p}{4m}$ 로 $\frac{p}{m}$ 의 $\frac{1}{4}$ 배이다.
- 16 (1) 예시 답안 A의 질량은 m , 충돌 후 속도는 $-3v$, 충돌 전 속도는 $5v$ 이므로 A의 운동량 변화량의 크기는 $| -3mv - 5mv | = 8mv$, 즉 mv 의 8 배이다.
(2) 예시 답안 충돌 전후 A, B의 운동량의 총합은 보존되므로 $5mv - m_B v = -3mv + 2m_B v$ 에서 B의 질량 $m_B = \frac{8}{3}m$ 이다. 즉, B의 질량은 A의 $\frac{8}{3}$ 배이다.

01

답 ①

자료 분석 ② 작용 반작용과 힘의 평형

- p에는 천장이 p를 당기는 힘(F_{tp})과 A가 p를 당기는 힘(F_{Ap})이 작용하여 평형을 이룬다.
- A에는 중력(F_{gA})과 q가 A를 당기는 힘(F_{qA}), 그리고 p가 A를 당기는 힘(F_{pA})이 작용하여 평형을 이룬다.
- q에는 A가 q를 당기는 힘(F_{Aq})과 B가 q를 당기는 힘(F_{Bq})이 작용하여 평형을 이룬다.
- B에는 중력(F_{gB})과 q가 B를 당기는 힘(F_{qB})이 작용하여 평형을 이룬다.



7. B에 작용하는 알짜힘은 0이므로 F_{qB} 의 크기는 B에 작용하는 중력의 크기와 같은 mg 이다.

오답 피하기 ㄴ. $F_{pA}=2mg+mg=3mg$ 이고, $F_{qA}=mg$ 이다. 따라서 p가 A를 당기는 힘의 크기는 q가 A를 당기는 힘의 크기의 3 배이다.

ㄷ. q가 B를 당기는 힘(F_{qB})의 반작용은 B가 q를 당기는 힘(F_{Bq})이다.

02

㉔ ②

ㄷ. 학생이 철봉을 당기는 힘의 크기는 학생의 무게와 같다. 한편 지면이 철봉을 떠받치는 힘의 크기는 철봉의 무게와 학생의 무게의 합이다. 따라서 학생이 철봉을 당기는 힘의 크기는 지면이 철봉을 떠받치는 힘의 크기보다 작다.

오답 피하기 ㄱ. 학생은 정지해 있으므로 학생에 작용하는 알짜힘은 0이다.

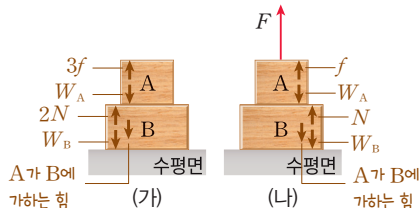
ㄴ. 학생에 작용하는 중력, 즉 지구가 학생을 당기는 힘의 반작용은 학생이 지구를 당기는 힘이다. 학생에 작용하는 중력과 철봉이 학생에 작용하는 힘은 힘의 평형 관계이다.

03

㉔ ⑤

자료 분석 작용 반작용과 힘의 평형

A와 B에 작용하는 중력의 크기, 즉 무게를 각각 W_A , W_B , (가)와 (나)에서 수평면이 B를 떠받치는 힘의 크기를 각각 $2N$, N , (가)와 (나)에서 B가 A에 가하는 힘의 크기를 각각 $3f$, f 라고 하면 (가), (나)에 다음과 같이 힘을 표시할 수 있다.



7. (가)에서 A에는 B가 A에 가하는 힘과 중력이 작용해 힘의 평형을 이루고 있으므로 $W_A=3f$ 이다. (나)에서 A에는 B가 A에 가하는 힘과 중력, 연직 위 방향으로 가한 크기 F 인 힘이 작용해 힘의 평형을 이루고 있으므로 $W_A=F+f$ 이다. 두 식을 연립하면 $f=0.5F$ 이다.

ㄷ. $3f+W_B=2N$ 에 $W_B=f$, $f=0.5F$ 를 대입해 정리하면 $2N=2F$ 이다.

오답 피하기 ㄴ. (가), (나)에서 B에는 A가 B에 가하는 힘과 중력, 수평면이 B를 떠받치는 힘이 작용해 힘의 평형을 이루고 있다. 이때 A가 B에 가하는 힘과 B가 A에 가하는 힘은 작용 반작용 관계이므로, A가 B에 가하는 힘의 크기는 (가), (나)에서 각각 $3f$, f 이다. 따라서 (가)에서 $3f+W_B=2N$ 이고, (나)에서 $f+W_B=N$ 이다. 두 식을 연립하면 $W_B=f$ 이다. $W_A=3f$ 이므로 W_A 는 W_B 의 3 배이다. 따라서 질량은 A가 B의 3 배이다.

04

㉔ ⑤

7. A, B를 한 덩어리로 생각하면 (가)에서는 질량 $3m$ 인 물체에 크기가 F 인 알짜힘이 작용하는 것이고 (나)에서는 질량 $3m$ 인 물체에 크기가 $2F$ 인 알짜힘이 작용하는 것이다. 따라서 가속도 법칙에 따라 한 덩어리로 운동하는 A, B의 가속도의 크기는 (나)에서가 (가)에서의 2 배이다.

ㄴ. (가)에서 A가 B에 가하는 힘은 B에 알짜힘으로 작용한다. 이때 B의 가속도의 크기는 $\frac{F}{3m}$, B의 질량은 $2m$ 이므로 알짜힘의

크기는 $\frac{2F}{3}$ 이다. (나)에서 A가 B에 가하는 힘의 반작용은 B가

A에 가하는 힘이며, 이 힘은 A에 알짜힘으로 작용한다. 즉, A가 B에 가하는 힘의 크기는 A에 작용하는 알짜힘의 크기와 같다.

이때 A의 가속도의 크기는 $\frac{2F}{3m}$, 질량은 m 이므로 알짜힘의 크

기는 $\frac{2F}{3}$ 이다. 따라서 A가 B에 가하는 힘의 크기는 (가)에서와

(나)에서가 $\frac{2F}{3}$ 로 같다.

ㄷ. (나)에서 A가 B에 가하는 힘의 반작용은 B가 A에 가하는 힘이다.

05

㉔ ①

7. (가)에서 C의 가속도 크기를 a 라 하면, (나)에서 C의 가속도 크기는 $2a$ 이다. 한편 (가), (나)에서 가속도의 방향은 반대이므로 (가)에서 C의 가속도 방향은 연직 위 방향, (나)에서 C의 가속도 방향은 연직 아래 방향이다.

(나)에서 실이 C를 당기는 힘의 크기를 $T_{(나)}$ 라 하면, C에는 중력 $3mg$ 와 $T_{(나)}$ 의 합력이 알짜힘으로 작용하므로 $3m \times 2a = 3mg - T_{(나)}$ (...①)이다. 한편 A, B는 질량이 $3m$ 인 하나의 물체로 볼 수 있고, 이 물체에는 $T_{(나)}$ 가 알짜힘으로 작용하므로 $3m \times 2a = T_{(나)}$ (...②)이다. 두 식 ①, ②를 연립하면 $a = \frac{1}{4}g$ 이다.

오답 피하기 ㄴ. (가)에서 실이 C를 당기는 힘의 크기를 $T_{(가)}$ 라 하면, C에는 중력 $3mg$ 와 $T_{(가)}$ 의 합력이 알짜힘으로 작용하고, 알짜힘의 방향은 가속도의 방향과 같은 $T_{(가)}$ 의 방향이다. 따라서 $3m \times a = T_{(가)} - 3mg$ (...①)이다. 한편 (가)에서 A, B를 하나의 물체로 보면, 물체에는 $T_{(가)}$ 와 F 의 합력이 알짜힘으로 작용한다. 이때 알짜힘의 방향은 가속도의 방향, 즉 F 의 방향과 같으므로 $3m \times a = F - T_{(가)}$ (...②)이다. 두 식 ①, ②를 연립한 뒤 $a = \frac{1}{4}g$

를 대입하면 $F = \frac{9}{2}mg$ 이다.

ㄷ. 작용 반작용 법칙에 따라 A가 B에 가하는 힘의 크기는 B가 A에 가하는 힘의 크기와 같고, B가 A에 가하는 힘은 A에 알짜힘으로 작용한다. 가속도 법칙에 따라 알짜힘의 크기는 가속도 크기에 비례하므로 A가 B에 가하는 힘의 크기는 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

06

답 ⑤

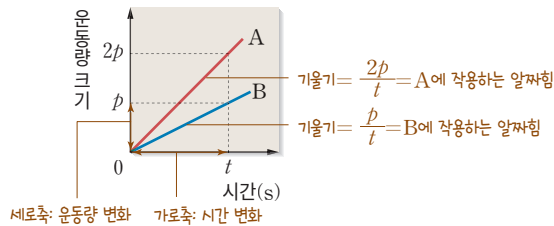
A, B의 질량을 각각 m_A, m_B 라고 하자. 0부터 t 까지 가속도는 $\frac{v}{t}$ 이므로 $F = (m_A + m_B) \times \frac{v}{t}$ 이고, t 부터 $2t$ 까지 가속도는 $\frac{3v-v}{2t-t} = \frac{2v}{t}$ 이므로 $F = m_A \times \frac{2v}{t}$ 이다. 두 식을 연립하면 $m_A = m_B$ 이다. 실이 끊어진 뒤 B는 속력 v 로 등속 운동을 하므로 $2t$ 일 때 B의 속력은 v 이다. $2t$ 일 때 A의 속력은 $3v$ 이므로 $p_A : p_B = 3 : 1$ 이다.

07

답 ⑤

자료 분석 ⑤ 시간에 따른 운동량 그래프

그래프 가로축은 시간 변화량 Δt , 세로축은 운동량 변화량 Δp 이므로 그래프의 기울기는 $\frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{m \Delta v}{\Delta t} = m \frac{\Delta v}{\Delta t} = ma = F$, 즉 물체에 작용한 알짜힘과 같다.



ㄱ. 그래프 기울기는 일정하므로 물체에 작용하는 알짜힘은 일정하다. 따라서 A는 등가속도 운동을 한다.

ㄴ. 같은 시간 동안 운동량 변화량의 크기는 A가 B의 2 배이므로 물체에 작용하는 알짜힘의 크기는 A가 B의 2 배이다.

ㄷ. 물체의 질량은 A가 B의 2 배이고, t 일 때 운동량의 크기는 A가 B의 2 배이다. 따라서 t 일 때 속력은 A와 B가 같다.

08

답 ⑤

A, B의 질량은 같고, A의 속력이 B의 속력보다 크므로 충돌 전 A, B의 운동량 합은 A의 운동 방향과 같은 $+x$ 방향이다. 운동량 보존 법칙에 따라 충돌 후 A, B의 운동량 합 또한 $+x$ 방향이 되어야 한다.

ㄴ. A, B가 한 덩어리가 되어 운동할 때 운동량이 $+x$ 방향이어야 하므로, 충돌 후 A, B의 운동 방향이 $+x$ 방향이라면, 이는 일어날 수 있는 운동이다.

ㄷ. 충돌 후 A, B가 모두 $+x$ 방향으로 운동하므로 충돌 후 운동량의 합의 방향은 $+x$ 방향이다. 따라서 이는 일어날 수 있는 운동이다.

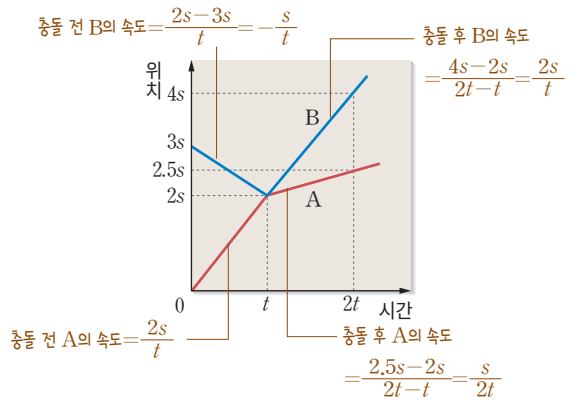
오답 피하기 ㄱ. 충돌 후 서로 반대 방향으로 운동한다고 했으므로 A는 $-x$ 방향으로 운동하고 B는 $+x$ 방향으로 운동한다. 질량은 A와 B가 같으므로 충돌 후 속력이 A가 B보다 크다면, 운동량의 크기는 A가 B보다 크다. 따라서 충돌 후 운동량의 합의 방향이 $-x$ 방향이 되므로 이는 일어날 수 없는 운동이다.

09

답 ②

자료 분석 ② 충돌과 시간에 따른 위치 그래프

시간에 따른 위치 그래프의 기울기는 속도를 의미한다.



충돌 전 A의 속도를 $2v$ 라고 하면, 충돌 후 A의 속도는 $\frac{1}{2}v$, 충돌 전 B의 속도는 $-v$, 충돌 후 B의 속도는 $2v$ 이다.

ㄴ. A, B의 질량을 각각 m_A, m_B 라고 하면, 운동량 보존 법칙에 따라 $m_A \times 2v - m_B \times v = m_A \times \frac{1}{2}v + m_B \times 2v$ 에서 $m_A = 2m_B$ 이다.

따라서 질량은 A가 B의 2 배이다.

오답 피하기 ㄱ. 충돌 과정에서 A, B의 속도 변화량의 크기는 각각 $|\frac{1}{2}v - 2v| = \frac{3}{2}v$, $|2v - (-v)| = 3v$ 이다. 따라서 속도 변화량의 크기는 A가 B보다 작다.

ㄷ. 질량은 A가 B의 2 배이고, $2t$ 일 때 속력은 B가 A의 4 배이다. 따라서 $2t$ 일 때 운동량의 크기는 B가 A의 2 배이다.

10

답 ①

ㄱ. 운동량 보존 법칙에 따라 용수철이 완전히 퍼진 직후 B와 C의 운동량의 크기는 같다. 질량은 C가 B의 2 배이므로 B가 A와 충돌하기 직전, 속력은 B가 C의 2 배이다.

오답 피하기 ㄴ. 용수철이 완전히 퍼진 직후 C의 속력이 v_C 이므로 B의 속력은 $2v_C$ 이다. A와 B가 충돌하여 한 덩어리가 되기 전과 후 운동량은 보존되므로 $m \times 2v_C = (m + m) \times v$ 에서 $v_C = v$ 이다.

ㄷ. (나)에서 A와 B가 충돌한 뒤 A의 운동량의 크기는 mv 이고, C의 운동량의 크기는 $2mv_C = 2mv$ 이다.

11

답 ①

ㄱ. A가 B를 미는 과정에서 운동량의 총합은 보존되므로 A의 운동량이 감소한 만큼 B의 운동량이 증가한다. 따라서 A의 운동량 변화량의 크기는 B의 운동량 변화량의 크기와 같다.

오답 피하기 ㄴ. A가 B를 미는 힘의 반작용은 B가 A를 미는 힘이다. 따라서 A가 B를 미는 동안 A가 B에 작용하는 힘의 크기와 B가 A에 작용하는 힘의 크기는 같다.

ㄷ. 운동량은 보존되므로 다음 식이 성립한다.
 $60 \text{ kg} \times 5 \text{ m/s} + 50 \text{ kg} \times 2 \text{ m/s} = 60 \text{ kg} \times v + 50 \text{ kg} \times 5 \text{ m/s}$
 따라서 $v = \frac{5}{2} \text{ m/s}$ 이다.

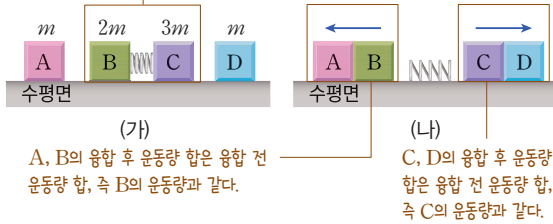
12

답 ②

자료 분석 ● 분열 및 융합과 운동량 보존

용수철이 완전히 펴졌을 때 B, C의 속력을 각각 v , v_C 라고 하자.

용수철이 완전히 펴져 분열한 뒤 B, C의 운동량 합은 분열 전과 같은 0이다.
 → 용수철이 완전히 펴진 뒤 B, C의 운동량의 크기는 같고 방향은 반대이다.
 → $v : v_C = 3 : 2$ 이다.



운동량 보존 법칙에 따라 $0 = -2mv + 3mv_C$ 이므로 $v_C = \frac{2}{3}v$ 이다.

(나)에서 한 덩어리가 된 A와 B의 속력을 v_{AB} 라고 하면
 $-2mv = -(m+2m) \times v_{AB}$ 이므로 $v_{AB} = \frac{2}{3}v$ 이고, 한 덩어리가

된 C와 D의 속력을 v_{CD} 라고 하면 $3m \times \frac{2}{3}v = (3m+m) \times v_{CD}$

이므로 $v_{CD} = \frac{1}{2}v$ 이다.

충돌 전후 B, C의 운동량 변화량의 크기는 각각 A, D의 운동량 변화량의 크기와 같으므로 $p_1 = \left| -m \times \frac{2}{3}v - 0 \right| = \frac{2}{3}mv$,

$p_2 = \left| m \times \frac{1}{2}v - 0 \right| = \frac{1}{2}mv$ 이다. 따라서 $\frac{p_1}{p_2} = \frac{4}{3}$ 이다.

13

작용 반작용 법칙에 따라 A에 고정된 자석이 B에 고정된 자석에 가하는 힘의 크기와 B에 고정된 자석이 A에 고정된 자석에 가하는 힘의 크기가 같고, 방향은 서로 반대이다. 각 자석이 서로에게 가하는 힘이 수레 A, B에 알짜힘으로 작용하므로, A, B에 작용하는 알짜힘의 크기가 같다. 따라서 가속도 법칙에 따라 질량이 더 큰 A의 가속도 크기가 더 작다.

채점 기준	배점(%)
‘가속도 법칙’과 ‘작용 반작용 법칙’이라는 용어를 모두 포함해 가속도를 올바르게 비교한 경우	100
‘가속도 법칙’과 ‘작용 반작용 법칙’이라는 용어 중 한 가지만 포함해 가속도를 올바르게 비교한 경우	75
‘가속도 법칙’과 ‘작용 반작용 법칙’이라는 용어를 포함하지는 않았지만, 그 까닭을 올바르게 설명하여 가속도를 비교한 경우	50
가속도 비교만 올바르게 쓴 경우	20

14

(1) 용수철이 A를 당기는 힘과 A가 용수철을 당기는 힘은 작용 반작용 관계에 있는 두 힘이다.

(2) A에는 왼쪽으로 용수철이 A를 당기는 힘과, 오른쪽으로 실이 A를 당기는 두 힘이 작용한다. 이때 A는 정지 상태이므로 두 힘은 힘의 평형 관계에 있다.

(3) 실이 B를 당기는 힘과 B에 작용하는 중력은 힘의 평형 관계이므로 실이 B를 당기는 힘의 크기는 $2mg$ 이다. 따라서 B가 실을 당기는 힘의 크기도 $2mg$ 이다. 한편 실에는 A가 실을 당기는 힘과 B가 실을 당기는 힘이 작용해 평형을 이루므로 A가 실을 당기는 힘의 크기는 $2mg$ 이다. 따라서 실이 A를 당기는 힘의 크기 또한 $2mg$ 이고, 실이 A를 당기는 힘과 힘의 평형 관계에 있는 용수철이 A를 당기는 힘의 크기 또한 $2mg$ 이다. 즉, 용수철이 A를 당기는 힘의 크기는 mg 의 2 배이다.

채점 기준	배점(%)
용수철이 A를 당기는 힘의 크기가 mg 의 2 배임을 힘의 평형 관계를 이용해 옳게 설명한 경우	100
용수철이 A를 당기는 힘의 크기가 $2mg$ 임을 힘의 평형 관계를 이용해 옳게 설명한 경우에도 정답 인정	100
풀이 과정이 없이 용수철이 A를 당기는 힘의 크기가 mg 의 2 배라는 것만 쓴 경우	40

15

(가)에서 A의 속력은 $\frac{p}{2m}$ 이고, A, B, C가 충돌하는 과정에서

운동량의 총합은 보존되므로 (나), (다)에서 A, B, C의 운동량의 총합은 p 이다. 따라서 (다)에서 한 덩어리가 된 A, B, C의 속력은

$\frac{p}{2m+m+m} = \frac{p}{4m}$ 이다. 따라서 속도 변화량의 크기는

$\left| \frac{p}{4m} - \frac{p}{2m} \right| = \frac{p}{4m}$ 로 $\frac{p}{m}$ 의 $\frac{1}{4}$ 배이다.

채점 기준	배점(%)
A의 속도 변화량의 크기가 $\frac{p}{m}$ 의 $\frac{1}{4}$ 배임을 운동량 보존 법칙을 이용해 옳게 설명한 경우	100
풀이 과정이 없이 A의 속도 변화량의 크기가 $\frac{p}{m}$ 의 $\frac{1}{4}$ 배라는 것만 쓴 경우	40

16

(1) 충돌 전 A의 속도는 $5v$, 충돌 후 A의 속도는 $-3v$ 이다. A의 질량이 m 이므로 충돌 전후 A의 운동량 변화량은 $-3mv - 5mv = -8mv$ 이다. 따라서 운동량 변화량의 크기는 $8mv$ 이다.

채점 기준	배점(%)
그래프에서 충돌 전과 후 A의 속도를 찾아 운동량 변화량의 크기가 $8mv$ 라는 것을 옳게 설명한 경우	100
풀이 과정이 없이 운동량 변화량의 크기가 $8mv$ 라는 것만 쓴 경우	40