

Theme2. 뉴턴 운동 법칙

Chapter6. 뉴턴 운동 제2법칙

6.2 $\Delta F = m\Delta a$

힘의 변화량으로 뉴턴 문제를 해석 방법은 최근 평가원 모의고사에도 자주 쓰이며 사실 N제 및 모의고사에도 유용하게 사용되는 풀이법입니다. 특히 뉴턴 문제에서는 실을 끊어주는 경우가 많은데, 이때 힘의 변화량을 이용해서 질량과 가속도의 관계를 알아내는 방법입니다.

어떤 물체에 F_1 이라는 힘이 작용할 때 가속도를 a_1 , F_2 의 힘이 작용할 때 가속도를 a_2 라고 해봅시다.

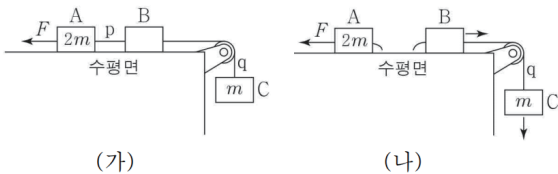
만약 물체에 F_1 이라는 힘이 작용하다가 F_2 로 변하게 되면 다음과 같은 식이 성립할 것입니다.
 $F_2 - F_1 = ma_2 - ma_1 = m(a_2 - a_1)$ 가 된다. 이를 정리하면 $\Delta F = m\Delta a$ 가 되는데

만약 두 가지 계의 힘의 변화량이 같다면, 가속도의 변화량은 질량과 반비례함을 나타낸다.

문제에 적용해보면 이해가 되실겁니다. 바로 문제 풀어보겠습니다.

<예제>

그림 (가)는 물체 A, B, C를 실 p, q로 연결한 후, A에 수평면과 나란한 방향으로 일정한 크기의 힘 F 를 가해 A, B, C가 정지한 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 p가 끊어진 후 A, C가 같은 크기의 가속도로 각각 등가속도 운동하는 모습을 나타낸 것이다. A, C의 질량은 각각 $2m$, m 이다.



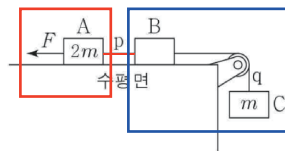
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g 이고, 실의 질량, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.) [3점]

<보기>

- ㄱ. (나)에서 A의 가속도의 크기는 $\frac{1}{3}g$ 이다.
- ㄴ. B의 질량은 m 이다.
- ㄷ. q가 C를 당기는 힘의 크기는 (가)에서가 (나)에서보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

핵심은 ㄴ 선지이고 분석 해보겠습니다.



(가)

(가)에서 물체가 정지해있으므로(알짜힘=0) A에 박스를 그려보면 실 p의 장력이 F와 동일한 크기인 것을 알 수 있습니다.

이때 실 p를 끊게 되면 양쪽으로 당기고 있던 장력이 사라지는 것이므로 A는 왼쪽으로, B, C 덩어리는 B기준 오른쪽으로 동일한 크기의 힘을 받게 될 것입니다.

그럼 알짜힘이 A와 B+C는 힘이 동일하게 F만큼 변했다는 것이죠.

조건에 p가 끊어진 후 A와 B+C가 같은 가속도로 등가속도 운동을 했다고 하므로 A와 B+C의 질량은 같습니다. 따라서 B의 질량이 m 이 됩니다.

(가)에서 계가 정지해있으므로 $F = mg$

ㄱ. (나)에서 A의 가속도 크기는 A를 당기는 힘이 mg A의 질량이 $2m$ 이므로 가속도는 $g/2$.

ㄷ. q가 C를 당기는 힘은 (가)에서 mg , (나)에서 $mg/2$

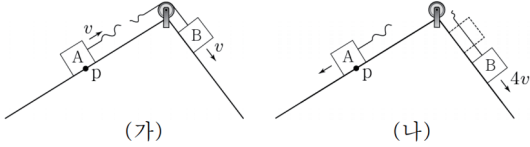
답: ②

Theme2. 뉴턴 운동 법칙

Chapter6. 뉴턴 운동 제2법칙 <연습문제>

[2023학년도 학평]

1. 그림 (가)는 물체 A, B가 실로 연결되어 서로 다른 빗면에서 속도 v 로 등속도 운동하다가 A가 점 p를 지나는 순간 실이 끊어지는 것을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가) 이후 A와 B가 각각 빗면을 따라 등가속도 운동을 하다가 A가 다시 p에 도달하는 순간 B의 속력이 $4v$ 인 것을 나타낸 것이다.



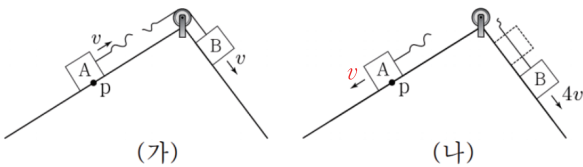
A, B의 질량을 각각 m_A , m_B 라 할 때, $\frac{m_A}{m_B}$ 는? (단, 물체의 크기, 실의 질량, 모든 마찰은 무시한다.) [3점]

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

[solution]

(가)에서 등속도로 운동하고 있으므로 계에 작용하는 A와 B에 작용하는 알짜힘은 0입니다. (나)에서 A와 B를 연결하는 실이 끊어졌으므로 A와 B가 받는 알짜힘은 T로 동일합니다. (T는 (가)에서 A와 B를 연결하는 실의 장력)

A와 B는 모두 동일하게 알짜힘이 T만큼 변했으므로 가속도 변화량과 질량이 반비례함을 알 수 있습니다.



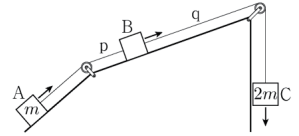
(나)에서 A가 다시 p점에 돌아왔을 때 속력은 v 입니다. (by 역학적 에너지 보존)

동일한 시간 동안 속도 변화량이 A는 $2v$ 만큼, B는 $3v$ 만큼 변했으므로 A와 B의 가속도 비는 2:3이 되고, 그로 인한 A와 B의 질량비는 3:2가 됩니다.

답: ②

[2024학년도 모평]

2. 그림은 물체 A, B, C가 실 p, q로 연결되어 등속도 운동을 하는 모습을 나타낸 것이다. p를 끊으면, A는 가속도의 크기가 $6a$ 인 등가속도 운동을, B와 C는 가속도의 크기가 a 인 등가속도 운동을 한다. 이후 q를 끊으면, B는 가속도의 크기가 $3a$ 인 등가속도 운동을 한다. A, C의 질량은 각각 m , $2m$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g 이고, 실의 질량, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.) [3점]

- <보 기>
- ㄱ. B의 질량은 $4m$ 이다.
 ㄴ. $a = \frac{1}{8}g$ 이다.
 ㄷ. p를 끊기 전, p가 B를 당기는 힘의 크기는 $\frac{2}{3}mg$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

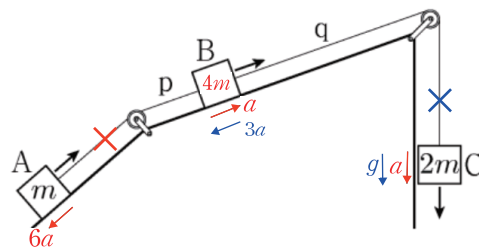
[solution]

step1.

앞에서 연습한 것과 마찬가지로 p를 끊어주게 되면 A가 받는 알짜힘과 B+C덩어리가 받는 알짜힘의 변화량이 같습니다. 근데 A의 가속도와 B+C의 가속도의 비가 6:1 이므로 질량비는 1:6이 나오고 B가 4m임을 알 수 있습니다.

step2.

그다음 실 q를 끊게 되면 B와 C의 알짜힘 변화량이 같은 것을 알 수 있는데 이때 B의 가속도는 $4a$ 만큼 변하고, C는 $g-a$ 만큼 변하게 됩니다. C의 질량이 B 질량보다 2배 가볍기 때문에 가속도는 C가 2배 많이 변해야 하므로 $(g-a) = 2 \cdot 4a$ 가 됩니다.



따라서 $a = g/9$

A의 빗면힘은 $6ma = 2mg/3$ 이므로 처음 p가 당기는 힘은 $2mg/3$ 으로 같아야 등속운동임이 증명된다.

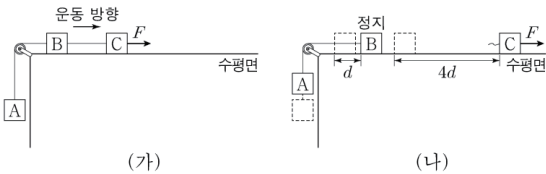
답: ③

Theme2. 뉴턴 운동 법칙

Chapter6. 뉴턴 운동 제2법칙 <연습문제>

[2024학년도 수능]

3. 그림 (가)는 물체 A, B, C를 실로 연결하고 C에 수평 방향으로 크기가 F 인 힘을 작용하여 A, B, C가 속력이 증가하는 등가속도 운동을 하는 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 B의 속력이 v 인 순간 B와 C를 연결한 실이 끊어졌을 때, 실이 끊어진 순간부터 B가 정지한 순간까지 A와 B, C가 각각 등가속도 운동을 하여 d , $4d$ 만큼 이동한 것을 나타낸 것이다. A의 가속도의 크기는 (나)에서 (가)에서의 2배이다. B, C의 질량은 각각 m , $3m$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g 이고, 물체는 동일 연직면상에서 운동하며, 물체의 크기, 실의 질량, 공기 저항과 모든 마찰은 무시한다.) [3점]

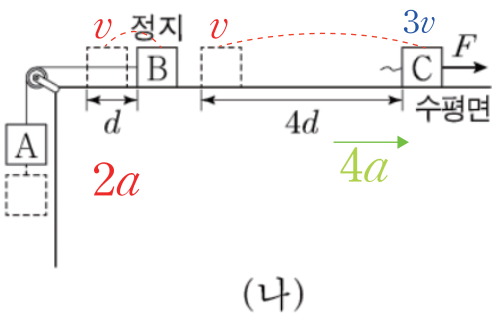
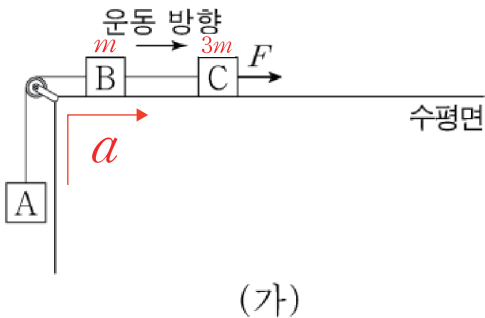
<보 기>

- ㄱ. (나)에서 B가 정지한 순간 C의 속력은 $3v$ 이다.
 ㄴ. A의 질량은 $3m$ 이다.
 ㄷ. F 는 $5mg$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[solution]

주어진 조건을 문제에 표시해보면 다음과 같습니다. (빨간색)



칼럼을 구어체로 작성하다 보니 풀이나 글이 길어지는 건 어쩔 수 없나 봅니다.ㅠㅠ

수업하는 학생분들에게 카톡으로 답변해 줄 때 식으로 깔끔 단순하게 적어주는 것보다, 구어체로 설명해 줄 때 이해가 더 잘된다고 하더라고요.

그리고 델타 F 풀이법은 2024학년도 수능 EBS 해설에서도 사용하는 만큼 앞으로 필수적으로 알아두어야 할 스킬이니 꼭 잘 학습해두시길 바랍니다.

수능 보는 고3 및 재수생들 파이팅!
항상 응원합니다!



step1.

(나)에서 A+B 덩어리와 C의 운동 시간은 동일한데 이동 거리의 비가 1:4이므로 평속의 비도 1:4가 나옵니다. A+B덩어리의 평속이 $v/2$ 이므로 C의 평속은 $2v$ 가 나와야 하고 따라서 C의 나중 속력은 $3v$ 가 됩니다.

step2.

(나)에서 A+B덩어리가 C는 같은 시간 동안 속력이 각각 $v, 2v$ 만큼 변하므로 가속도의 비는 1:2 입니다. A+B의 가속도를 $2a$ 라고 했으므로 C의 가속도는 $4a$ 가 되겠네요.

step3.

실이 끊어졌으므로 알짜힘의 변화량은 A+B덩어리와 C가 동일한데 A+B덩어리는 가속도가 $3a$ 변했고, C도 가속도가 $3a$ 변했으므로 질량비는 1:1 따라서 A의 질량은 $2m$ 이 됩니다.

$a=2g/3$ 이므로 계산해보시면 $F=4mg$ 가 나옵니다.

답: ①