

엔픽 · 통합과학 물리

기본탄탄 · 실력쑥쑥 집중

I 힘과 에너지

1 힘과 운동

01강

평형과 구조물의 안정성

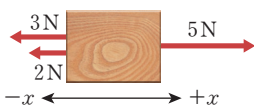
기본탄탄 · 실력쑥쑥

01강 평형과 구조물의 안정성

기초 탄탄 문제

1 알짜힘과 힘의 평형

01 오른쪽 그림은 정지해 있던 물체에 $-x$ 방향으로 3 N, 2 N의 힘을, $+x$ 방향으로 5 N의 힘을 동시에 작용하는 모습을 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은 ○표, 옳지 않은 것은 ×표 하시오.

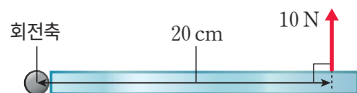


- (1) 물체는 힘의 평형 상태이다. ()
- (2) 물체는 $-x$ 방향으로 운동한다. ()
- (3) 물체에 작용하는 알짜힘의 방향은 $+x$ 방향이다. ()

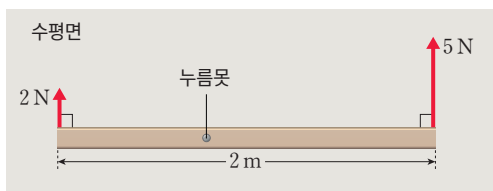
2 돌림힘과 돌림힘의 평형

02 다음은 어떤 물리량에 대한 설명이다. () 안에 들어갈 알맞은 말 또는 값을 쓰시오.

물체의 회전 운동을 변화시키는 물리량을 (㉠) (이)라고 한다. 그림과 같이 회전축에서 20 cm만큼 떨어진 지점에 크기가 10 N인 힘을 작용할 때, 물체에 작용하는 (㉠)의 크기는 (㉡) N·m이다.



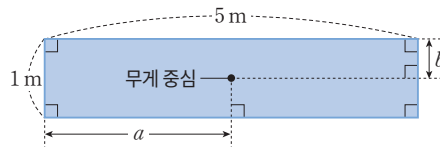
03 그림과 같이 수평면에 놓인 길이 2 m인 직사각형 막대의 길이를 왼쪽 끝으로부터 2 : 3으로 나누는 지점을 누름뿔으로 고정하고, 막대의 양 끝에 각각 2 N, 5 N의 힘을 막대에 수직 방향으로 작용하였다.



막대에 작용하는 알짜 돌림힘의 크기는 몇 N·m인지 구하시오. (단, 모든 마찰은 무시한다.)

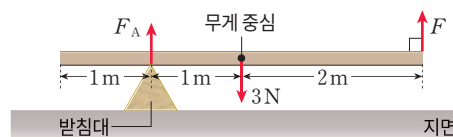
3 물체의 평형 조건

04 그림은 밀도가 균일한 직사각형 물체의 모습을 나타낸 것이다.



a, b 는 각각 몇 m인지 구하시오.

05 그림과 같이 길이 4 m, 무게 3 N인 막대의 한 지점을 받치고, 오른쪽 끝에 연직 위 방향으로 힘 F 를 작용했더니 막대가 수평을 이루며 정지해 있다. 이때 받침대가 막대를 연직 위 방향으로 떠받치는 힘은 F_A 이다. (단, 막대의 밀도는 균일하며, 막대의 두께와 폭은 무시한다.)



- (1) $F + F_A$ 의 크기는 몇 N인지 구하시오.
- (2) F_A 를 작용하는 지점을 회전축으로 할 때, F 에 따른 돌림힘의 크기는 몇 N·m인지 구하시오.
- (3) F 의 크기는 몇 N인지 구하시오.
- (4) F_A 의 크기는 몇 N인지 구하시오.

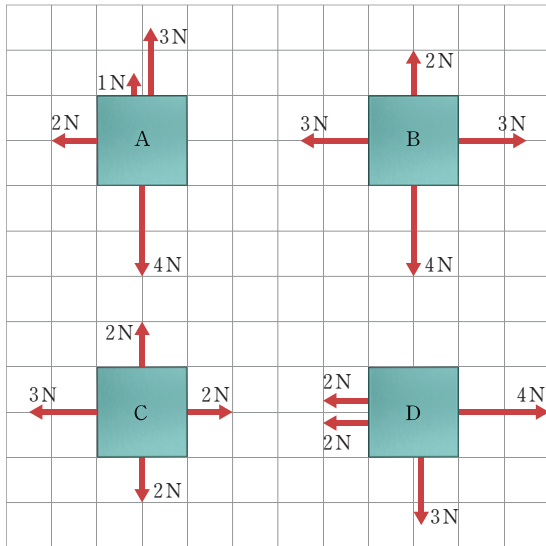
4 구조물의 안정성

06 구조물의 안정성에 대한 설명으로 옳은 것은 ○표, 옳지 않은 것은 ×표 하시오.

- (1) 구조물이 기울었을 때, 무게 중심이 바닥면의 끝부분에 그은 연직선을 벗어나면 구조물은 넘어진다. ()
- (2) 무게 중심의 높이가 같을 때, 구조물 바닥의 면적이 넓을수록 안정적이다. ()
- (3) 구조물 바닥의 면적이 같을 때, 무게 중심의 높이가 높을수록 안정적이다. ()

1D 알짜힘과 힘의 평형

01 그림은 물체 A~D에 네 힘을 작용하는 모습을 나타낸 것이다.



A~D 중 작용하는 알짜힘의 크기가 같은 것끼리 짝 지은 것은?

- ① A, B ② A, C ③ B, C
④ B, D ⑤ C, D

02 다음은 어떤 법칙에 대한 설명이다.

물체에 작용하는 알짜힘이 0일 때, 관성에 의해 물체의 운동 상태는 변하지 않는다.

이 법칙으로 설명할 수 있는 운동만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

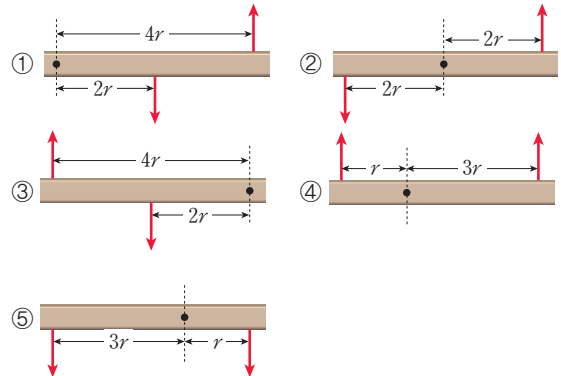
- ㄱ. 잔잔한 수면 위에 떠 있는 나뭇잎이 계속 정지해 있다.
ㄴ. 마찰이 없는 수평면에서 물체가 직선 경로를 따라 일정한 속력으로 운동한다.
ㄷ. 빗면을 내려가는 물체가 직선 경로를 따라 속력이 점점 빨라지는 운동을 한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

2D 돌림힘과 돌림힘의 평형

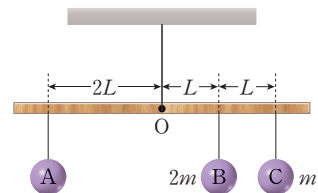
중요

03 동일한 직사각형 막대에 크기가 같은 두 힘이 막대에 수직 방향으로 각각 다른 위치에 작용할 때, 막대의 회전 방향이 다른 하나는? (단, $\bullet$ 은 회전축이다.)



중요

04 그림은 막대의 중심 O에 실을 연결한 뒤 막대에 물체 A, B, C를 매달았더니 막대가 수평을 이루며 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다. B, C의 질량은 각각 $2m$, m 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 막대의 밀도는 균일하며, 막대의 두께와 폭, 실의 질량은 무시한다.)

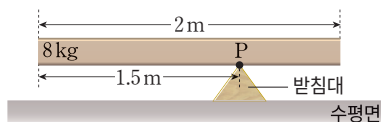
보기

- ㄱ. O를 회전축으로 할 때, B에 작용하는 중력에 따른 돌림힘의 크기는 C에 작용하는 중력에 따른 돌림힘의 크기의 2 배이다.
ㄴ. A의 질량은 $2m$ 이다.
ㄷ. B와 C의 위치를 서로 바꾸면 막대는 시계방향으로 기운다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

물체의 평형 조건

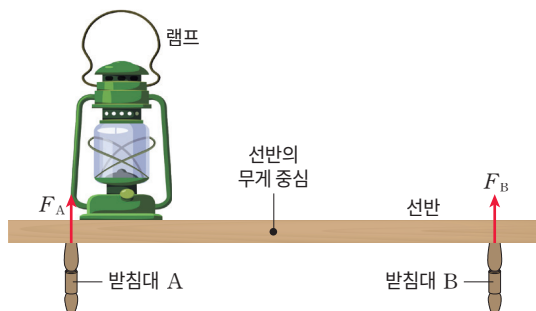
- 05** 그림은 질량이 8 kg이고 길이가 2 m인 막대를 수평면과 나란하게 유지하면서 막대의 P점을 받침대에 올린 순간의 모습을 나타낸 것이다. P점은 막대의 왼쪽 끝으로부터 1.5 m만큼 떨어져 있다.



이 순간, P점을 회전축으로 할 때 막대에 작용하는 돌림힘의 크기는? (단, 중력 가속도는 10 m/s^2 이고, 막대의 밀도는 균일하며, 막대의 두께와 폭은 무시한다.)

- ① $20 \text{ N}\cdot\text{m}$ ② $40 \text{ N}\cdot\text{m}$ ③ $60 \text{ N}\cdot\text{m}$
④ $80 \text{ N}\cdot\text{m}$ ⑤ $120 \text{ N}\cdot\text{m}$

- 06** 그림은 받침대 A, B 위에 놓인 선반에 램프를 올려놓았을 때 선반이 평형 상태를 유지하는 모습을 나타낸 것이다. F_A , F_B 는 각각 받침대 A, B가 선반을 떠받치는 힘이다.

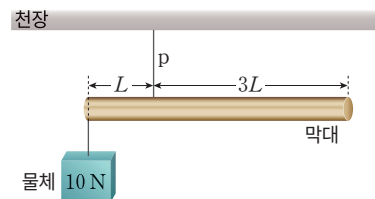


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기**
- ㄱ. $F_A + F_B$ 의 크기는 선반과 램프의 무게의 합과 같다.
 - ㄴ. 회전축을 선반의 무게 중심으로 할 때 F_A 에 따른 돌림힘의 방향과 F_B 에 따른 돌림힘의 방향은 반대이다.
 - ㄷ. 회전축을 선반의 왼쪽 끝부분으로 할 때와 오른쪽 끝부분으로 할 때 선반에 작용하는 알짜 돌림힘의 크기가 다르다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

- 07** 그림과 같이 천장과 실 p로 연결된 길이 $4L$ 인 막대가 수평을 이루며 정지해 있다. 막대의 왼쪽 끝에는 무게가 10 N인 물체가 매달려 있으며, 이 지점으로부터 p까지의 수평 거리는 L 이다.



p가 막대를 당기는 힘의 크기는? (단, 막대의 밀도는 균일하며, 막대의 두께와 폭, 실의 질량은 무시한다.)

- ① 10 N ② 15 N ③ 20 N
④ 25 N ⑤ 30 N

- 08** 그림은 질량 10 kg, 길이 5 m인 막대가 받침대 A, B에 올려져 수평을 이루며 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다. A는 막대의 왼쪽 끝으로부터 1 m만큼 떨어진 지점을 크기가 F_A 인 힘으로, B는 막대의 오른쪽 끝을 크기가 F_B 인 힘으로 받치고 있다.



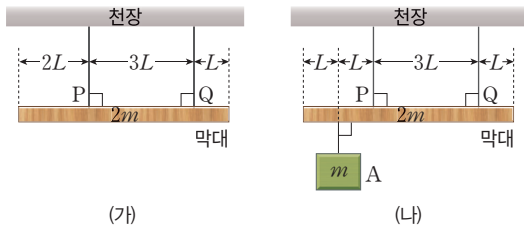
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 10 m/s^2 이고, 막대의 밀도는 균일하며, 막대의 두께와 폭은 무시한다.)

- 보기**
- ㄱ. $F_A + F_B = 100 \text{ N}$ 이다.
 - ㄴ. $F_A : F_B = 5 : 3$ 이다.
 - ㄷ. $F_B = 50 \text{ N}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

09 (중요) ☆

그림 (가)는 길이 $6L$, 질량 $2m$ 인 막대가 실 P, Q에 매달려 수평을 이루며 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다. P는 막대의 왼쪽 끝으로부터 $2L$, Q는 막대의 오른쪽 끝으로부터 L 만큼 떨어진 지점에 연결되어 있다. 그림 (나)는 (가)에서 막대의 왼쪽 끝으로부터 L 만큼 떨어진 지점에 질량이 m 인 물체 A를 매달았을 때 막대가 수평을 유지하며 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다.

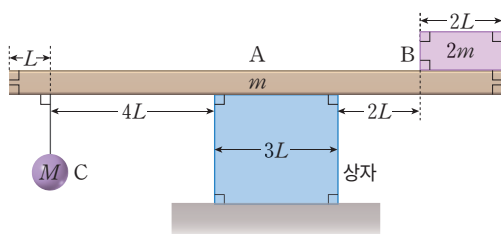


(가), (나)에서 P가 막대를 당기는 힘의 크기를 각각 $T_{(가)}$, $T_{(나)}$ 라고 할 때, $T_{(가)} : T_{(나)}$ 는? (단, 막대의 밀도는 균일하며, 막대의 두께와 폭, 실의 질량은 무시한다.)

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

10

그림은 길이 $12L$, 질량 m 인 막대 A의 오른쪽 끝부분에 긴 변의 길이가 $2L$, 질량 $2m$ 인 물체 B가 놓여 있고, A의 왼쪽 끝부분으로부터 L 만큼 떨어진 지점에 질량을 무시할 수 있는 실에 질량 M 인 물체 C가 매달려 평형을 이루고 있는 모습을 나타낸 것이다. A는 길이 $3L$ 인 상자 위에 놓여 있으며, 실은 상자의 왼쪽 끝으로부터 $4L$ 만큼 떨어져 있다.



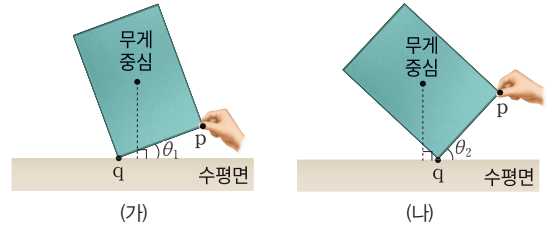
평형 상태를 유지하기 위한 M 의 최솟값을 $M_{\text{최소}}$, 최댓값을 $M_{\text{최대}}$ 라고 할 때, $M_{\text{최소}} : M_{\text{최대}}$ 는? (단, A~C의 밀도는 균일하며, 두께와 폭은 무시한다.)

- ① 16 : 91 ② 17 : 90 ③ 7 : 29
④ 23 : 79 ⑤ 33 : 78

11 구조물의 안정성

11

그림 (가), (나)는 수평면에 놓인 직사각형 나무판의 p점에 힘을 작용해 q점을 회전축으로 하여 나무판을 수평면에 대해 각각 θ_1 , θ_2 만큼 기울게 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다. (가), (나)에서 p점에 작용하고 있는 힘의 방향은 수평면에 대해 수직 방향이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 모든 마찰은 무시한다.)

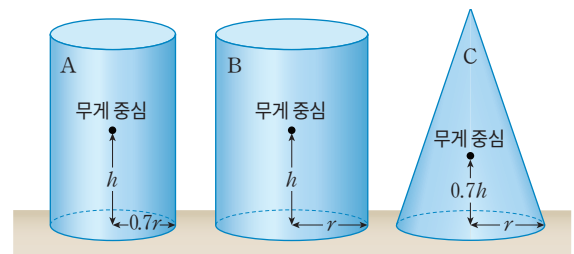
보기

- ㄱ. 나무판에 작용하는 알짜 돌림힘의 크기는 (나)에서 (가)에서보다 크다.
ㄴ. p점에 작용하는 힘의 방향은 (가), (나)에서 같다.
ㄷ. p점에 작용하는 힘을 제거하면, 나무판의 회전 방향은 (가), (나)에서 반대이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 (중요) ☆

그림은 수평면에 놓인 바닥이 원인 물체 A, B, C를 나타낸 것이다. A~C의 바닥의 반지름은 각각 $0.7r$, r , r 이고, 수평면으로부터 무게 중심까지의 높이는 각각 h , h , $0.7h$ 이다.

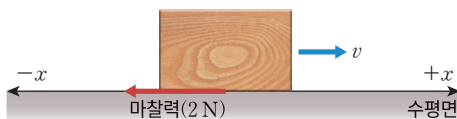


A~C를 넘어뜨리기 위해 기울여야 하는 각도를 옳게 비교한 것은?

- ① $A > B > C$ ② $A > C > B$ ③ $B > C > A$
④ $C > A > B$ ⑤ $C > B > A$

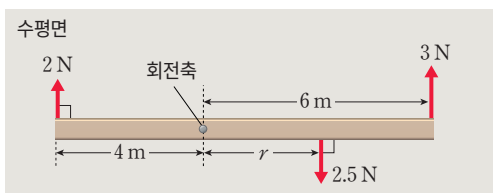
단답형 · 서술형 문제

- 13** 그림은 수평면에서 $+x$ 방향으로 속력 v 로 운동하고 있는 물체의 모습을 나타낸 것이다. 물체에는 $-x$ 방향으로 2 N 의 마찰력이 작용하고 있다.



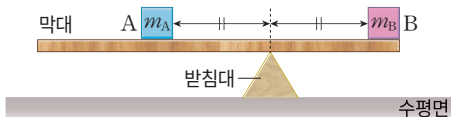
물체가 계속해서 일정한 속력으로 운동하기 위해 물체에 추가로 작용해야 하는 힘의 방향과 크기를 쓰고, 그 까닭을 설명하시오. (단, 공기 저항은 무시한다.)

- 14** 그림과 같이 수평면에 놓인 길이 10 m 인 직사각형 막대에 2 N , 2.5 N , 3 N 의 힘을 막대에 수직 방향으로 작용했다. 막대가 회전하지 않았다.



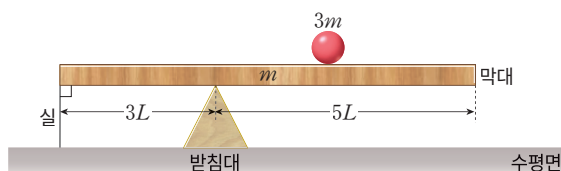
2.5 N 인 힘을 작용하는 곳까지의 팔 길이 r 는 몇 m 인지 풀이 과정과 함께 구하시오. (단, 모든 마찰은 무시한다.)

- 15** 그림은 받침대로부터 같은 거리만큼 떨어진 막대 위의 두 지점에 크기가 같은 정사각형 물체 A, B를 올려 놓았더니 막대가 수평면과 나란한 상태를 유지하며 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다.



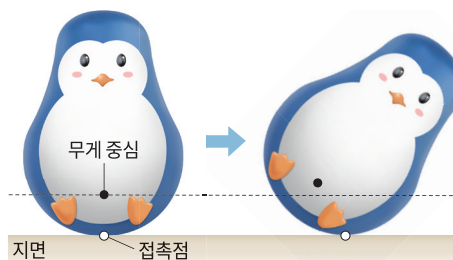
A와 B의 질량을 각각 m_A , m_B 라고 할 때 m_A , m_B 를 비교하고, 그 까닭을 돌림힘의 평형과 관련지어 설명하시오. (단, 막대의 밀도는 균일하며, 막대의 두께와 폭, 물체의 크기는 무시한다.)

- 16** 그림과 같이 받침대에 놓인 질량 m , 길이 $8L$ 인 막대의 한쪽 끝이 수평면과 실로 연결되어 있고, 막대 위에 질량이 $3m$ 인 물체가 놓여 막대가 수평을 유지하고 있다. 막대의 평형을 유지하면서 물체의 위치를 막대 위에서 바꿀 때, 받침대가 막대를 떠받치는 힘의 크기의 최댓값과 최솟값은 각각 $F_{\text{최대}}$, $F_{\text{최소}}$ 이다. (단, 막대의 밀도는 균일하며, 막대의 두께와 폭, 물체의 크기, 실의 질량은 무시한다.)



- (1) 받침대가 막대를 받치는 지점에서 막대의 무게 중심까지의 수평 거리를 구하고, 그 까닭을 설명하시오.
- (2) $F_{\text{최대}}$ 일 때 받침대가 막대를 받치는 지점에서 물체까지의 수평 거리를 구하고, 그 까닭을 설명하시오.
- (3) $F_{\text{최소}} : F_{\text{최대}}$ 를 풀이 과정과 함께 구하시오.

- 17** 그림은 지면에 정지해 있는 오뎅이를 기울이기 전과 기울인 후 오뎅이의 무게 중심 및 지면과의 접촉점을 나타낸 것이다.



이를 통해 오뎅이를 기울여도 오뎅이가 다시 원래 상태로 돌아오는 원리를 설명하시오.

바른답 · 알찬풀이

기본탄탄문제 · 실력쑥쑥문제 해설
01강 평형과 구조물의 안정성

I 힘과 에너지

01 힘과 운동

01강 평형과 구조물의 안정성

기본 탄탄 문제

13쪽

- 01 (1) ○ (2) × (3) × 02 ㉠ 돌림힘, ㉡ 2
03 4.4 N·m 04 a: 2.5 m, b: 0.5 m
05 (1) 3 N (2) 3 N·m (3) 1 N (4) 2 N
06 (1) ○ (2) ○ (3) ×

01 ㉠ (1) ○ (2) × (3) ×

(1) 물체에 작용하는 알짜힘은 $(-3 \text{ N}) + (-2 \text{ N}) + 5 \text{ N} = 0$ 이므로 물체는 힘의 평형 상태에 있다.

(2), (3) 정지해 있던 물체에 작용하는 알짜힘이 0이므로 뉴턴 제 1법칙에 따라 물체는 정지 상태를 유지한다.

02 ㉠ ㉠ 돌림힘, ㉡ 2

물체의 회전 운동을 변화시키는 물리량을 돌림힘이라고 한다. 돌림힘의 크기는 팔 길이와 작용한 힘의 크기의 곱과 같으므로 물체에는 $0.2 \text{ m} \times 10 \text{ N} = 2 \text{ N} \cdot \text{m}$ 의 돌림힘이 작용한다.

03 ㉠ 4.4 N·m

누름못으로 고정한 지점이 회전축이므로 회전축으로부터 2 N, 5 N의 힘이 작용하는 지점까지의 팔 길이는 각각 0.8 m, 1.2 m이다. 반시계방향을 (+)로 하면 막대에 작용하는 알짜 돌림힘은 $-(0.8 \text{ m} \times 2 \text{ N}) + (1.2 \text{ m} \times 5 \text{ N}) = 4.4 \text{ N} \cdot \text{m}$ 이다.

04 ㉠ a: 2.5 m, b: 0.5 m

밀도와 모양이 균일한 물체의 무게 중심은 기하학적 중심에 있다.

따라서 a는 5 m의 $\frac{1}{2}$ 배인 2.5 m, b는 1 m의 $\frac{1}{2}$ 배인 0.5 m이다.

05 ㉠ (1) 3 N (2) 3 N·m (3) 1 N (4) 2 N

(1) 평형 상태이므로 막대에 작용하는 알짜힘이 0이다. 따라서 막대에 연직 위 방향으로 작용하는 F 와 F_A 의 합력의 크기는 막대에 연직 아래 방향으로 작용하는 힘, 즉 막대에 작용하는 중력의 크기인 3 N과 같다.

(2) 받침대가 막대를 떠받치는 지점을 회전축으로 할 때, 막대를 시계방향으로 회전시키는 돌림힘은 막대에 작용하는 중력에 따른 돌림힘과 같고, 그 크기는 $1 \text{ m} \times 3 \text{ N} = 3 \text{ N} \cdot \text{m}$ 이다. 또, 막대를 반시계방향으로 회전시키는 돌림힘은 F 에 따른 돌림힘과 같다. 평형 상태에서 막대에 작용하는 알짜 돌림힘이 0이므로 F 에 따른 돌림힘의 크기는 $3 \text{ N} \cdot \text{m}$ 이다.

(3) $3 \text{ N} \cdot \text{m} = (1 \text{ m} + 2 \text{ m}) \times F$ 에서 $F = 1 \text{ N}$ 이다.

(4) $F + F_A = 3 \text{ N}$ 이고 $F = 1 \text{ N}$ 이므로 $F_A = 2 \text{ N}$ 이다.

06

㉠ (1) ○ (2) ○ (3) ×

(1) 구조물이 기울었을 때, 무게 중심이 바닥면의 끝부분에 그은 연직선을 벗어나면 중력에 따른 돌림힘이 구조물을 넘어뜨리는 방향으로 작용해 구조물이 넘어진다.

(2), (3) 구조물 바닥의 면적이 넓을수록, 무게 중심의 높이가 낮을수록 구조물을 넘어뜨리기 위해 기울여야 하는 각도가 커서 안정적이다.

실력 꼭꼭 문제

14~17쪽

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

단답형·서술형 문제

13 예시답안 $+x$ 방향 2 N, 물체가 일정한 방향과 속력으로 운동하려면 물체에 작용하는 알짜힘이 0이어야 하기 때문이다.

14 예시답안 돌림힘의 평형 상태이므로 $4 \text{ m} \times 2 \text{ N} + r \times 2.5 \text{ N} = 6 \text{ m} \times 3 \text{ N}$ 에서 $r = 4 \text{ m}$ 이다.

15 예시답안 $m_A < m_B$, 받침대가 막대를 받치는 지점을 회전축으로 할 때, A, B, 막대에 작용하는 중력에 따른 돌림힘을 각각 τ_A , τ_B , $\tau_{\text{막대}}$ 라고 하면, $\tau_A + \tau_{\text{막대}}$ 의 크기와 τ_B 의 크기가 같아야 돌림힘의 평형이 된다. 따라서 $\tau_A < \tau_B$ 인데, A와 B까지의 팔 길이가 같으므로 $m_A < m_B$ 이어야 한다.

16 (1) 예시답안 L , 무게 중심은 길이 $8L$ 를 절반으로 나누는 지점에 있으므로 받침대가 막대를 받치는 지점에서 무게 중심까지의 수평 거리는 L 이다.

(2) 예시답안 $5L$, 물체가 막대의 오른쪽 끝부분에 있을 때 물체의 중력에 따른 돌림힘이 최대이어서 실이 막대를 당기는 힘이 가장 크기 때문이다.

(3) 예시답안 힘의 평형에 따라 실이 당기는 힘이 0일 때 $F_{\text{최소}} = 4mg$ 이다. 한편 받침대가 받치는 지점을 회전축으로 할 때, 돌림힘의 평형에 따라 $3LT = 16Lmg$ 이므로 이때 $T = \frac{16}{3}mg$

이다. 따라서 $F_{\text{최대}} = \frac{16}{3}mg + 4mg = \frac{28}{3}mg$ 이다. 따라서 $F_{\text{최소}} : F_{\text{최대}} = 3 : 7$ 이다.

17 예시답안 오목이를 기울이면 무게 중심이 접촉점 위에서 벗어나 중력에 따른 돌림힘이 원래 상태로 돌아가게 하는 방향으로 작용하기 때문이다.

01

㉠ ①

• A: 위쪽과 아래쪽으로 작용하는 세 힘의 합력이 0이므로, 알짜힘은 왼쪽으로 2 N이다.

- B: 왼쪽과 오른쪽으로 작용하는 두 힘의 합력이 0이고, 위쪽과 아래쪽으로 작용하는 두 힘의 합력이 아래쪽으로 2 N이므로, 알짜힘은 아래쪽으로 2 N이다.
- C: 위쪽과 아래쪽으로 작용하는 두 힘의 합력이 0이고, 왼쪽과 오른쪽으로 작용하는 두 힘의 합력이 왼쪽으로 1 N이므로, 알짜힘은 왼쪽으로 1 N이다.
- D: 왼쪽과 오른쪽으로 작용하는 세 힘의 합력이 0이므로, 알짜힘은 아래쪽으로 3 N이다.

02

답 ③

물체에 작용하는 알짜힘이 0일 때, 관성에 의해 물체의 운동 상태는 변하지 않는다. 즉, 힘의 평형일 때 정지해 있던 물체는 계속 정지해 있고, 운동하는 물체는 방향과 속력이 일정한 운동을 한다. 이를 관성 법칙 또는 뉴턴 제1법칙이라고 한다.

ㄱ. 나뭇잎에 작용하는 알짜힘이 0이기 때문에 나뭇잎이 계속 정지해 있다.

ㄴ. 물체에 작용하는 알짜힘이 0이기 때문에 물체가 직선 경로를 따라 일정한 속력으로 운동한다.

오답 피하기 ㄷ. 물체의 속력이 점점 빨라지므로 알짜힘이 0이 아니다.

03

답 ③

막대에 작용하는 힘의 크기를 F , 반시계방향을 (+)로 할 때, 알짜 돌림힘은 다음과 같다.

$$① 4r \times F - 2r \times F = 2rF$$

$$② 2r \times F + 2r \times F = 4rF$$

$$③ -(4r \times F) + 2r \times F = -2rF$$

$$④ -(r \times F) + 3r \times F = 2rF$$

$$⑤ 3r \times F - r \times F = 2rF$$

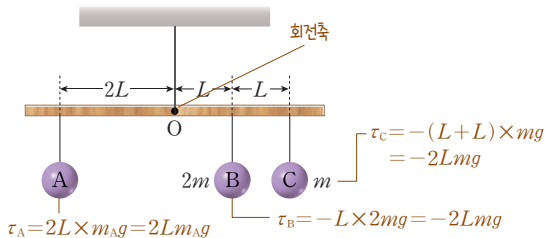
따라서 ③의 막대만 시계방향으로 회전한다.

04

답 ⑤

자료 분석 ⑤ 막대에 작용하는 돌림힘의 분석

중력 가속도를 g , A의 질량을 m_A , 반시계방향을 (+) 방향으로 하면, O를 회전축으로 할 때 A, B, C에 작용하는 중력에 따른 돌림힘 τ_A , τ_B , τ_C 는 다음과 같다.



ㄴ. 막대는 수평을 이루며 정지해 있으므로 돌림힘의 평형 상태로, $\tau_A + \tau_B + \tau_C = 0$ 이다. 즉, $2Lm_A g - 2Lmg - 2Lmg = 0$ 에서 $m_A = 2m$ 이다.

ㄷ. B와 C의 위치를 바꾸면 시계방향의 돌림힘은 $-2L \times 2mg - L \times mg = -5Lmg$ 가 되어 바꾸기 전보다 그 크기가 더 커진다. 따라서 막대는 시계방향으로 기운다.

오답 피하기 ㄱ. τ_B 와 τ_C 의 크기는 $2Lmg$ 로 같다.

05

답 ②

막대를 이루는 입자 전체에 작용하는 중력은 무게 중심 한 점에 모두 작용하는 것으로 볼 수 있다. 막대의 무게 중심은 막대의 길이를 절반으로 나누는 위치에 있기 때문에 무게 중심은 회전축인 P점으로부터 수평 거리 0.5 m만큼 떨어져 있다. 따라서 막대에 작용하는 중력에 따른 돌림힘의 크기는 $0.5 \text{ m} \times (8 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2) = 40 \text{ N} \cdot \text{m}$ 이다.

06

답 ③

ㄱ. 선반은 평형 상태이므로 선반에 작용하는 알짜힘은 0이다. 따라서 선반에 연직 위 방향으로 작용하는 두 힘 F_A , F_B 의 합력 $F_A + F_B$ 의 크기는 연직 아래 방향으로 작용하는 선반 및 물체에 작용하는 중력의 크기의 합과 같다.

ㄴ. 회전축을 선반의 무게 중심으로 할 때, F_A 에 따른 돌림힘은 시계방향, F_B 에 따른 돌림힘은 반시계방향으로 작용한다.

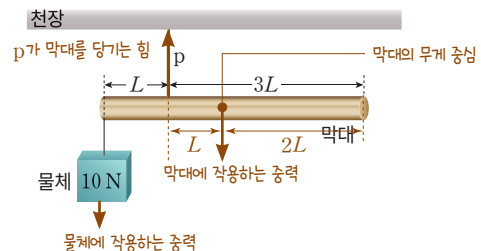
오답 피하기 ㄷ. 선반은 평형 상태이므로 회전축을 어느 지점으로 잡더라도 선반에 작용하는 알짜 돌림힘은 0이다.

07

답 ③

자료 분석 ⑥ 막대의 평형 상태 분석

막대가 수평을 이루며 정지해 있으므로 막대는 평형 상태이다. 따라서 막대는 힘의 평형과 돌림힘의 평형을 동시에 만족한다.



- 힘의 평형: 연직 위 방향으로 작용하는 힘과 연직 아래 방향으로 작용하는 힘의 합력이 0이다.

연직 위 방향	연직 아래 방향
p가 막대를 당기는 힘	물체에 작용하는 중력, 막대에 작용하는 중력

- 돌림힘의 평형: 반시계방향으로 작용하는 돌림힘과 시계방향으로 작용하는 돌림힘의 합이 0이다. p가 막대에 매달린 지점을 회전축으로 하면 돌림힘은 다음과 같다.

반시계방향	시계방향
물체에 작용하는 중력에 따른 돌림힘	막대의 무게 중심에 작용하는 중력에 따른 돌림힘

막대의 무게를 w , p 가 막대에 매달린 지점을 회전축으로 하면 막대에는 물체에 작용하는 중력에 따른 돌림힘과 막대에 작용하는 중력에 따른 돌림힘이 작용한다. 막대의 무게 중심은 막대의 가운데, 즉 p 로부터 수평 거리 L 만큼 떨어진 곳에 있으므로 돌림힘의 평형을 적용한 식 $L \times 10 \text{ N} = L \times w$ 에서 $w = 10 \text{ N}$ 이다. 한편 막대에는 연직 위 방향으로 p 가 당기는 힘이, 연직 아래 방향으로 물체 및 막대에 중력이 작용한다. 따라서 힘의 평형을 적용하면 p 가 막대를 당기는 힘의 크기는 $10 \text{ N} + 10 \text{ N} = 20 \text{ N}$ 이다.

08

답 ③

ㄱ. 막대는 평형 상태이므로 힘의 평형을 만족한다. 따라서 막대에 연직 위 방향으로 작용하는 두 힘의 합력의 크기 $F_A + F_B$ 는 막대의 무게 $10 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 = 100 \text{ N}$ 과 같다.

ㄴ. 막대의 무게 중심은 막대의 가운데에 있으므로 A가 받치는 지점으로부터 수평 거리 1.5 m , B가 받치는 지점으로부터 수평 거리 2.5 m 떨어져 있다. 막대는 돌림힘의 평형 상태이므로, 막대의 무게 중심을 회전축으로 하면 $1.5 \text{ m} \times F_A = 2.5 \text{ m} \times F_B$ 가 성립한다. 따라서 $F_A : F_B = 5 : 3$ 이다.

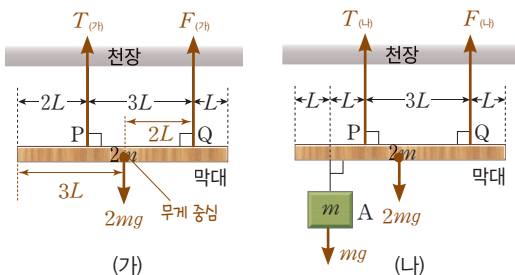
오답 피하기 ㄷ. $F_A + F_B = 100 \text{ N}$ 과 $F_A : F_B = 5 : 3$ 을 연립하면 $F_B = \frac{75}{2} \text{ N}$ 이다.

09

답 ②

자료 분석 평형 상태 분석

- (가)에서 막대에는 중력 $2mg$ 와 실 P가 막대를 당기는 힘 $T_{(가)}$, 실 Q가 막대를 당기는 힘 $F_{(가)}$ 가 작용하며, 이 힘들에 따른 돌림힘들은 돌림힘의 평형을 이룬다.
- (나)에서 막대에는 중력 $2mg$ 와 A가 막대를 당기는 힘 mg , 실 P가 막대를 당기는 힘 $T_{(나)}$, 실 Q가 막대를 당기는 힘 $F_{(나)}$ 가 작용하며, 이 힘들에 따른 돌림힘들은 돌림힘의 평형을 이룬다.



Q가 막대에 연결된 지점을 회전축으로 하여 돌림힘의 평형을 적용하면 다음과 같다.

$$(가): 2L \times 2mg = 3L \times T_{(가)}$$

$$(나): 4L \times mg + 2L \times 2mg = 3L \times T_{(나)}$$

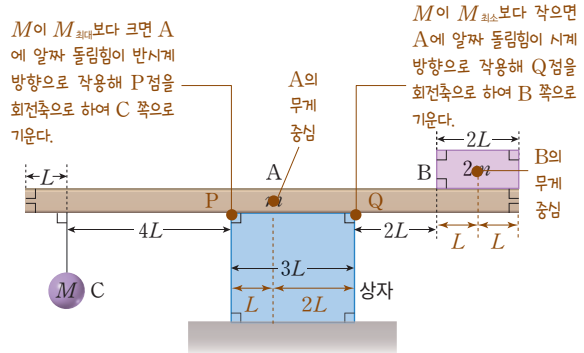
이를 정리하면 $T_{(가)} : T_{(나)} = \frac{4}{3}mg : \frac{8}{3}mg = 1 : 2$ 이다.

10

답 ①

자료 분석 돌림힘의 평형과 평형 상태

- 물체가 평형 상태이기 위해서는 알짜 돌림힘이 0이어야 한다.
- 물체에 작용하는 알짜 돌림힘의 방향으로 물체는 회전한다.



중력 가속도를 g 라 하고, $M = M_{\text{최소}}$ 일 때 상자의 오른쪽 위 끝점인 Q점을 회전축으로 하여 돌림힘의 평형을 적용하면 다음과 같은 식을 세울 수 있다.

$$7L \times M_{\text{최소}}g + 2L \times mg = 3L \times 2mg \cdots (i)$$

한편 $M = M_{\text{최대}}$ 일 때 상자의 왼쪽 위 끝점인 P점을 회전축으로 하여 돌림힘의 평형을 적용하면 다음과 같은 식을 세울 수 있다.

$$4L \times M_{\text{최대}}g = L \times mg + 6L \times 2mg \cdots (ii)$$

(i), (ii)에 따라 $M_{\text{최소}} : M_{\text{최대}} = \frac{4}{7}m : \frac{13}{4}m = 16 : 91$ 이다.

11

답 ③

ㄷ. p점에 작용하는 힘을 제거하면 나무판의 회전 방향은 (가)에 서는 시계방향, (나)에서는 반시계방향이다.

오답 피하기 ㄱ, ㄴ. (가), (나) 모두 나무판에 작용하는 알짜 돌림힘은 0이다. 한편 (가)에서는 무게 중심이 바닷면 끝부분의 연직선을 벗어나지 않아서 중력에 따른 돌림힘이 시계방향으로 작용한다. 반대로 (나)에서는 무게 중심이 바닷면 끝부분의 연직선을 벗어나서 중력에 따른 돌림힘이 반시계방향으로 작용한다. 따라서 (가), (나)에서 p점에 작용하는 힘에 따른 돌림힘의 방향은 각각 반시계방향, 시계방향이어야 한다. 따라서 (가)에서는 p점에 수평면에 대해 수직 위 방향, (나)에서는 수평면에 대해 수직 아래 방향으로 힘을 작용해야 한다.

12

답 ⑤

무게 중심의 높이가 낮을수록, 바닥면의 면적이 클수록 물체를 많이 기울여야 무게 중심이 바닷면 끝부분에 그은 연직선을 벗어나서 넘어진다. A와 B의 무게 중심의 높이는 같지만 바닥면의 면적은 $B > A$ 이다. 따라서 물체를 넘어뜨리기 위해 기울여야 하는 각도도 $B > A$ 이다. 한편 B와 C의 바닥면의 넓이는 같지만 무게 중심의 높이는 $C < B$ 이다. 따라서 물체를 넘어뜨리기 위해 기울여야 하는 각도는 $C > B$ 이다.

따라서 A~C를 넘어뜨리기 위해 기울여야 하는 각도를 비교하면 $C > B > A$ 이다.

13

뉴턴 제1법칙에 따라 물체에 작용하는 알짜힘이 0이면 정지해 있던 물체는 계속 정지해 있고, 운동하던 물체는 운동 방향과 속력이 일정한 운동을 계속한다. 따라서 물체가 수평면에서 일정한 속력으로 운동하기 위해서는 $-x$ 방향으로 작용하는 마찰력과 크기가 같고 방향이 반대인 힘, 즉 $+x$ 방향으로 2 N의 힘이 추가로 작용해 알짜힘이 0이 되어야 한다.

채점 기준	배점(%)
추가로 작용해야 하는 힘의 크기와 방향을 옳게 쓰고, 그 까닭을 알짜힘이 0이어야 함을 근거로 들어 옳게 설명한 경우	100
추가로 작용해야 하는 힘의 크기와 방향을 옳게 쓰고, 그 까닭을 뉴턴 제1법칙(관성 법칙)에 따른다고만 설명한 경우	70
추가로 작용해야 하는 힘의 크기와 방향만 옳게 쓴 경우	40

14

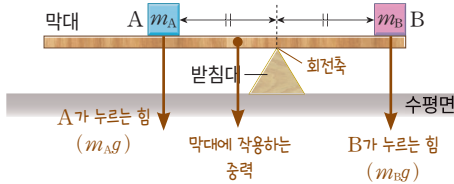
2 N인 힘과 2.5 N인 힘에 따른 돌림힘은 막대를 시계방향으로 회전시키는 돌림힘이고, 3 N인 힘에 따른 돌림힘은 막대를 반시계방향으로 회전시키는 돌림힘이다. 막대가 회전하지 않으므로 막대는 돌림힘의 평형 상태로, 반시계방향으로 (+) 방향으로 할 때 $6\text{ m} \times 3\text{ N} - 4\text{ m} \times 2\text{ N} - r \times 2.5\text{ N} = 0$ 의 식이 성립한다. 따라서 $r = 4\text{ m}$ 이다.

채점 기준	배점(%)
돌림힘의 평형을 이용해 식을 옳게 세우고, 팔 길이의 값을 옳게 구한 경우	100
풀이 과정이 없이 팔 길이의 값만 옳게 쓴 경우	40

15

자료 분석 ● 돌림힘의 평형 분석

막대에는 중력, A가 누르는 힘(=A에 작용하는 중력), B가 누르는 힘(=B에 작용하는 중력)이 작용한다. 중력 가속도를 g 라고 할 때, 막대에 작용하는 힘을 표시하면 다음과 같다.



받침대가 막대를 받치는 지점을 회전축으로 할 때, A, B까지의 팔 길이를 d , 막대에 작용하는 중력에 따른 돌림힘의 크기를 $\tau_{\text{막대}}$ 라고 하면, 돌림힘의 평형에 따라 다음과 같은 식이 성립한다.

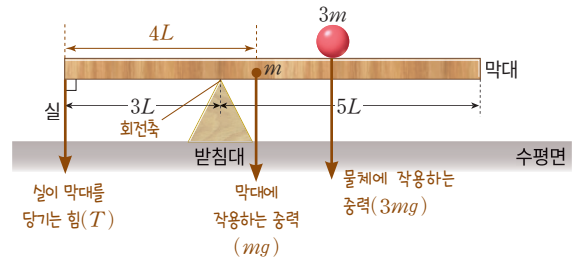
$$dm_Ag + \tau_{\text{막대}} = dm_Bg$$

이를 정리하면 $\tau_{\text{막대}} = dg(m_B - m_A)$ 이므로 $m_A < m_B$ 이어야 한다.

채점 기준	배점(%)
A와 B의 질량을 옳게 비교하고, 그 까닭을 A, B, 막대에 작용하는 중력에 따른 돌림힘을 포함해 돌림힘의 평형과 관련지어 옳게 설명한 경우	100
A와 B의 질량을 옳게 비교하고, 그 까닭을 돌림힘의 평형을 이루기 위해서는 $m_A < m_B$ 이어야 한다고만 설명한 경우	50
A와 B의 질량 비교만 옳게 한 경우	30

16

자료 분석 ● 평형 상태 분석



- 막대의 무게 중심은 길이 $8L$ 을 절반으로 나누는 지점에 있다.
- 만약 물체가 없을 경우, 받침대가 받치는 지점을 회전축으로 할 때 막대에는 실이 당기는 힘에 따른 돌림힘(반시계방향)과 막대에 작용하는 중력에 따른 돌림힘(시계방향)이 작용하며, 이 두 돌림힘은 평형을 이룬다.
- 물체가 회전축의 왼쪽에 있을 때, 물체에 작용하는 중력에 따른 돌림힘과 막대에 작용하는 중력에 따른 돌림힘이 평형을 이루면 T 는 0이다.
- 물체가 막대의 오른쪽 끝에 있을 때, 막대에 시계방향으로 작용하는 돌림힘의 크기가 최대이다. 따라서 반시계방향으로 작용하는 T 에 따른 돌림힘의 크기도 최대이다.

(1) 막대의 밀도가 균일하고 두께와 폭을 무시할 수 있으므로 무게 중심은 길이 $8L$ 을 절반으로 나누는 지점에 있다. 따라서 받침대가 막대를 받치는 지점에서 무게 중심까지의 수평 거리는 $4L - 3L = L$ 이다.

채점 기준	배점(%)
L 을 옳게 구하고, 그 까닭을 균일한 막대의 무게 중심이 가운데 있음을 이용하여 옳게 설명한 경우	100
L 만 쓴 경우	40

(2) 막대는 힘의 평형 상태이므로 받침대가 막대를 떠받치는 힘의 크기는 연직 아래 방향으로 작용하는 $T, mg, 3mg$ 의 합과 같다. 실이 막대를 당기는 힘인 T 가 가장 클 때가 $F_{\text{최대}}$ 일 때이며, 이때 막대에 반시계방향으로 작용하는 돌림힘이 최대이다. 돌림힘의 평형에 따라 막대에 반시계방향으로 작용하는 돌림힘이 최대일 때 시계방향으로 작용하는 돌림힘 또한 최대이다. 즉, 물체가 막대의 오른쪽 끝부분에 있을 때가 연직 아래 방향으로 작용하는 힘들의 합력이 최대가 되어 $F_{\text{최대}}$ 일 때이다.