



 Physics

## 평형과 안정성

**Logic will get you from A to B  
Imagination will take you everywhere**

**Albert Einstein (1879-1955)**

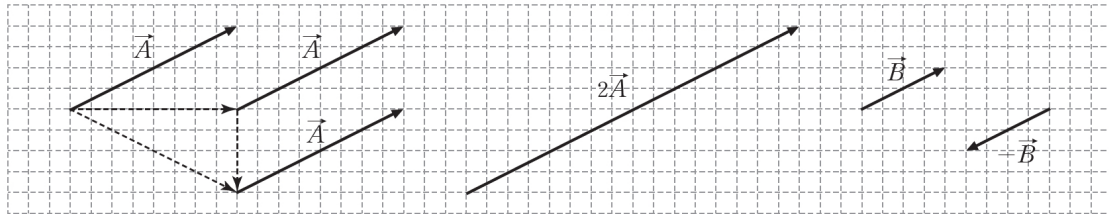
## 힘의 합성과 분해

### 스칼라량

길이, 질량, 시간, 이동 거리, 속력, 에너지 등과 같이 크기만으로 표시할 수 있는 물리량을 스칼라(scalar)량이라고 한다.

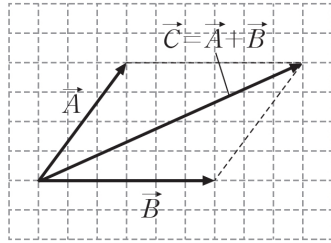
### 벡터량

1차원 직선이나 2차원 평면이나 3차원 공간에서의 운동을 표시하기 위해서는 크기와 방향을 함께 표시해야 한다. 이와 같이 크기뿐만 아니라 방향을 함께 나타내는 물리량을 벡터(vector)량이라고 한다. (변위, 속도, 가속도, 힘, 운동량 등)

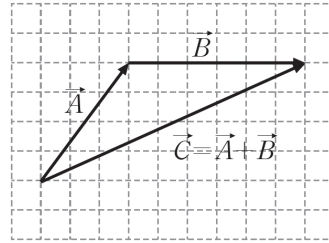


### 벡터의 합성

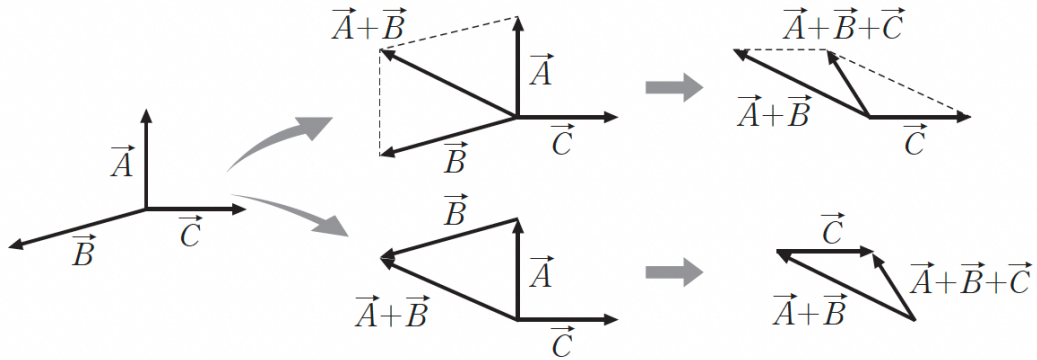
둘 이상의 벡터를 같은 효과를 갖는 하나의 벡터로 나타내는 것을 벡터의 합성이라고 한다.



평행사변형법



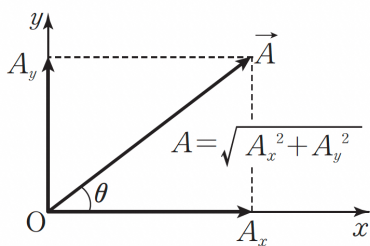
삼각형법



### 벡터의 차

$$\vec{A} - \vec{B} = \vec{A} + \left(-\vec{B}\right) = \vec{A} - \vec{B}$$

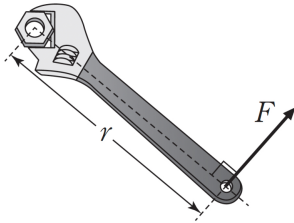
### 벡터의 분해



## 돌림힘

물체의 회전 운동을 변화시키는 원인을 돌림힘 또는 토크라고 한다.

$$\tau = r \times F$$



지레	축바퀴
<p>A diagram of a lever. A fulcrum is represented by a triangle. A mass <math>m</math> is on the left side at a distance <math>l_1</math> from the fulcrum. A force <math>F</math> is applied on the right side at a distance <math>l_2</math> from the fulcrum. The fulcrum is at a distance <math>l_3</math> from the mass <math>m</math>. The mass of the lever is <math>m_0</math>.</p>	<p>A diagram of a wheel and axle. A wheel of radius <math>a</math> is attached to an axle of radius <math>b</math>. A mass <math>m</math> is hanging from the wheel. A force <math>F</math> is applied to the axle.</p>
<p>물체를 올려놓은 막대가 수평을 유지하고 있는 동안 돌림힘의 합이 0이다.</p> $l_1 mg = l_2 F + l_3 m_0 g \Rightarrow F = \frac{l_1 m - l_3 m_0}{l_2} g$	<p>추를 일정한 속도로 끌어올리는 동안 돌림힘의 합이 0이다.</p> $aF = bmg \Rightarrow F = \frac{b}{a} mg$

## 물체의 평형

물체에 작용하는 힘들이 평형 조건을 만족하면, 물체가 평형 상태에 있다고 한다.

### 힘의 평형

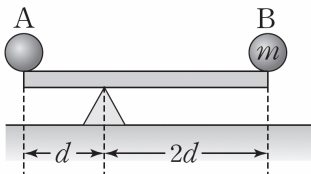
물체에 작용하는 알짜힘이 0이다.

### 돌림힘의 평형

물체에 작용하는 돌림힘의 합이 0이다.

회전축 위에서 보았을 때 시계 방향으로 회전할 때 돌림힘의 방향을 (+)로, 시계 반대 방향으로 회전할 때 돌림힘의 방향을 (-)로 정한다.

평형 상태에서 가능한 운동: 정지, 등속 직선 운동

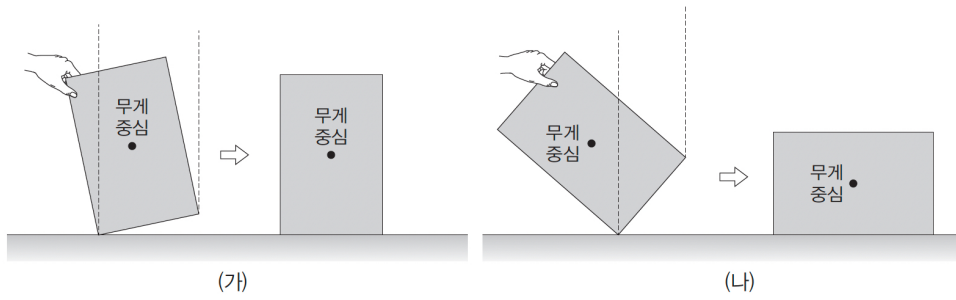
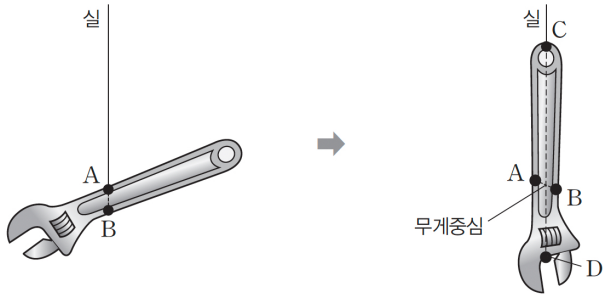


- A의 질량은?
- 받침대가 막대를 받치는 힘의 크기는?

## 무게중심

물체를 구성하는 입자들의 평균 위치

무게중심을 받치면 물체 전체를 떠받칠 수 있음

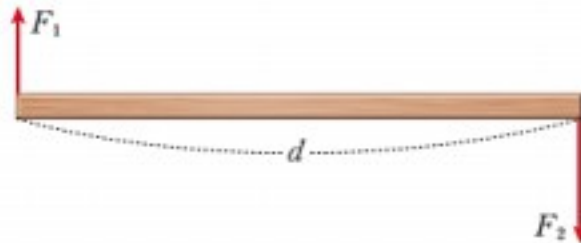




# 개념 적용 문제

▶ 돌림힘의 평형

01 그림과 같이 마찰이 없는 수평면에 놓여 있는 길이가  $d$ 인 막대의 양 끝에 두 힘  $F_1, F_2$ 가 막대에 수직으로 작용한다. 이때  $F_1$ 과  $F_2$ 의 크기는  $F$ 로 같고 방향은 반대이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은? (단, 막대의 밀도와 굵기는 균일하고 크기는 무시한다.)

▶ 돌림힘은 팔의 길이와 팔의 길이에 수직으로 작용한 힘의 곱과 같다.

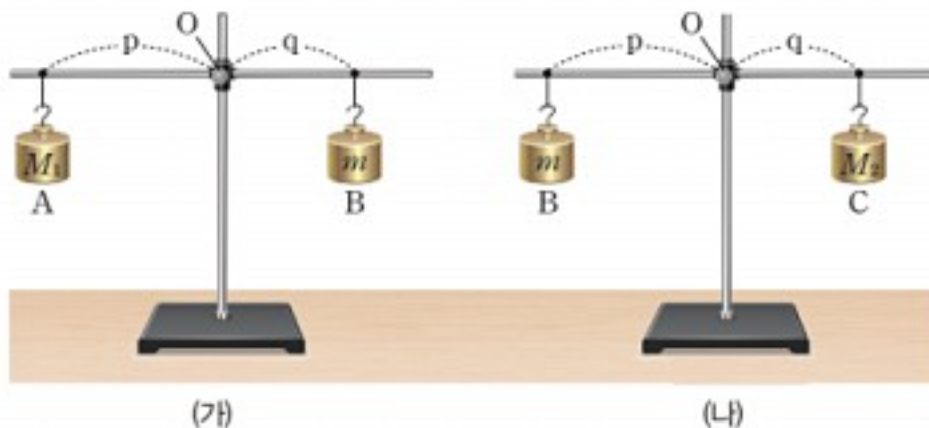
보기

- ㄱ. 막대는 시계 방향으로 회전한다.
- ㄴ. 막대에 작용하는 알짜힘은 0이다.
- ㄷ. 막대에 작용하는 모든 돌림힘의 합은  $2Fd$ 이다.

- ① ㄴ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄱ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

▶ 돌림힘의 평형

02 그림 (가)는  $O$ 를 중심으로 자유롭게 회전할 수 있는 막대에 왼쪽으로  $p$ 만큼 떨어진 곳에 질량이  $M_1$ 인 물체 A를 매달고 오른쪽으로  $q$ 만큼 떨어진 곳에 질량이  $m$ 인 물체 B를 매달았더니 수평을 이룬 모습이다. 그림 (나)는 같은 막대에 왼쪽으로  $p$ 만큼 떨어진 곳에 질량이  $m$ 인 물체 B를 매달고 오른쪽으로  $q$ 만큼 떨어진 곳에 질량이  $M_2$ 인 물체 C를 매달았더니 수평을 이룬 모습이다. 이때  $p > q$ 이다.



▶ 돌림힘의 크기가 같고 방향이 반대일 때 두 돌림힘이 평형을 이룬다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은? (단, 막대의 밀도와 굵기는 균일하고, 실의 질량 및 모든 마찰은 무시한다.)

보기

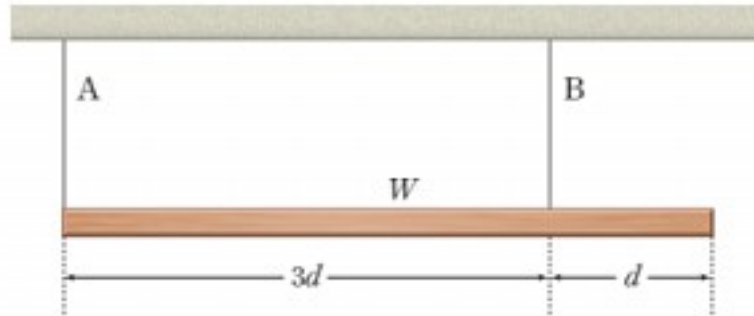
- ㄱ. (가)에서  $O$ 를 회전축으로 할 때, 돌림힘의 크기는 A가 B보다 크다.
- ㄴ.  $O$ 를 회전축으로 할 때, 돌림힘의 크기는 (나)의 C가 (가)의 A보다 크다.
- ㄷ.  $m = \sqrt{M_1 M_2}$ 이다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄷ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ



➤ 역학적 평형

05 그림은 무게가  $W$ 이고 길이가  $4d$ 인 균일한 막대가 실 A와 B에 매달려 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다. A는 막대의 왼쪽 끝에 연결되어 있고 A와 B 사이의 거리가  $3d$ 이다.



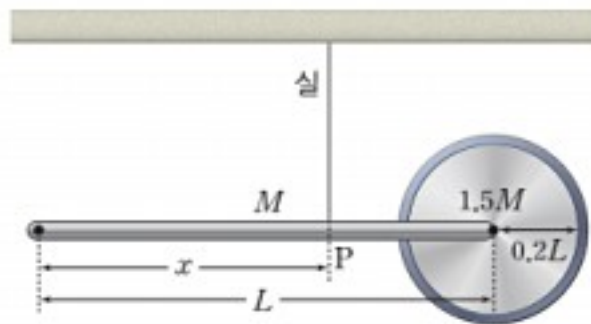
A와 B가 막대에 작용하는 힘의 크기를 각각  $F_A$ 와  $F_B$ 라 할 때  $F_A:F_B$ 는? (단, 실의 무게는 무시한다.)

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

➤ 역학적 평형을 이루기 위해서는 알짜힘이 0이어야 하고, 모든 돌림힘이 평형을 이루어야 한다.

➤ 역학적 평형

06 그림과 같이 길이가  $L$ , 질량이  $M$ 인 막대에 왼쪽에서  $x$ 만큼 떨어진 점 P에 실을 연결하여 매달고, 오른쪽 끝에는 반지름이  $0.2L$ , 질량이  $1.5M$ 인 납작한 원판의 중심을 연결하였다.



막대가 수평을 이루며 정지해 있을 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는  $g$ 이고, 막대와 원판의 밀도는 균일하며, 막대의 크기와 원판의 두께 및 실의 무게는 무시한다.)

보기

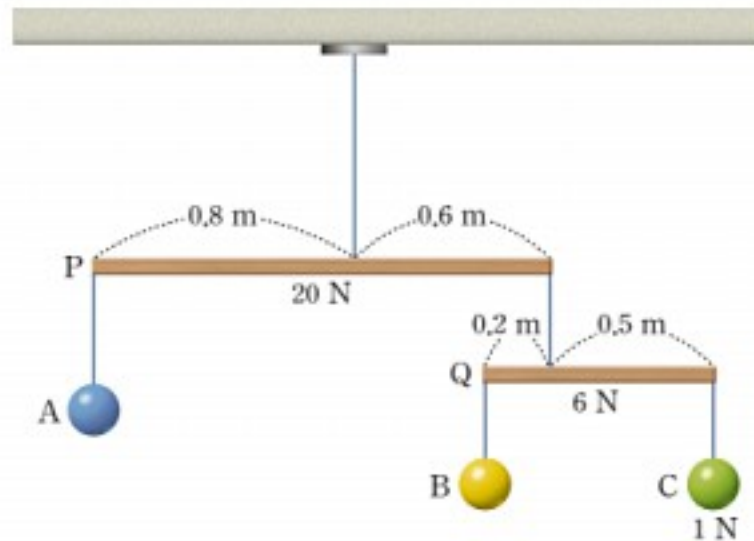
- ㄱ. 막대와 원판을 한 물체로 볼 때, 실은 이 물체의 무게 중심에 연결되어 있다.  
 ㄴ. 실이 막대를 당기는 힘의 크기는  $2.5Mg$ 이다.  
 ㄷ.  $x=0.8L$ 이다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➤ 상하좌우 대칭인 물체의 무게 중심은 물체의 중앙에 있다. 대칭이 아닌 물체의 무게 중심은 물체의 여러 점을 실에 매달았을 때 실을 연장한 연직선이 교차하는 점이다.

➤ 역학적 평형

**07** 그림과 같이 물체 A, B, C가 매달린 균일한 막대 P, Q가 수평인 상태로 정지해 있다. P, Q의 무게는 20 N, 6 N이고, C의 무게는 1 N이다. P, Q의 길이는 각각 1.4 m, 0.7 m이다.



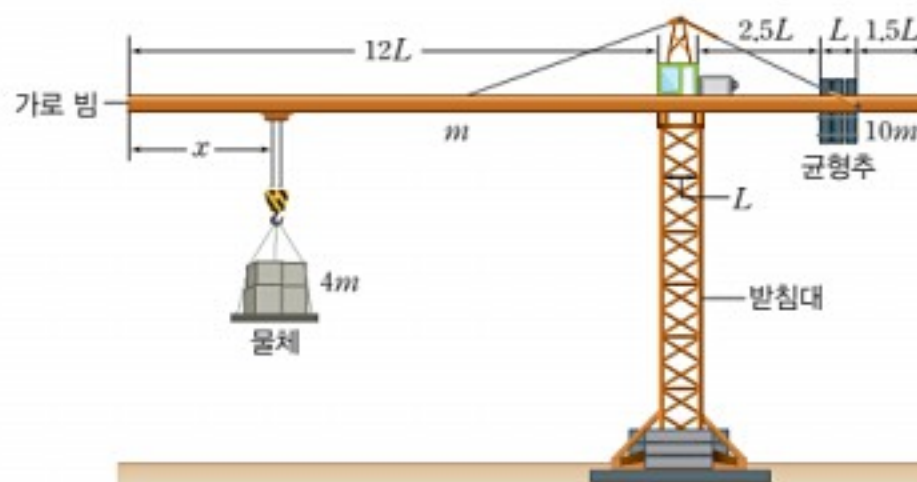
➤ 줄에 물체를 매달면 물체에 작용하는 중력과 줄이 물체를 당기는 장력은 힘의 평형을 이룬다.

A와 B의 무게  $W_A$ 와  $W_B$ 는? (단, 실의 무게는 무시한다.)

- |   |        |       |   |         |       |
|---|--------|-------|---|---------|-------|
|   | $W_A$  | $W_B$ |   | $W_A$   | $W_B$ |
| ① | 1.05 N | 0.4 N | ② | 2.625 N | 2.5 N |
| ③ | 6 N    | 2.5 N | ④ | 6 N     | 7 N   |
| ⑤ | 8 N    | 7 N   |   |         |       |

➤ 구조물의 안정성

**08** 그림과 같이 전체 길이가  $18L$ 인 크레인의 가로 빔 왼쪽에는 질량이  $4m$ 인 물체가 왼쪽에서  $x$ 만큼 떨어진 곳에 매달려 있고, 오른쪽에는 질량이  $10m$ 이고 가로 길이가  $L$ 인 균형추가 오른쪽에서  $1.5L$ 만큼 떨어진 곳에 매달려 있다.



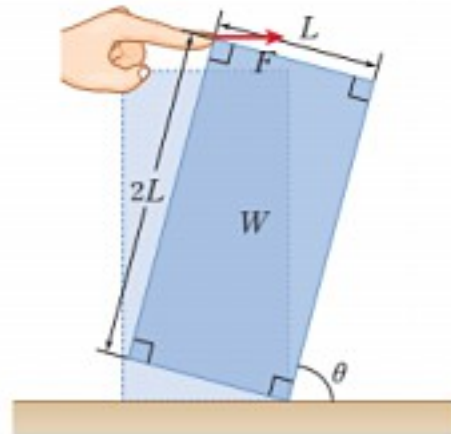
➤ 물체의 위치에 따라 크레인 기둥의 왼쪽 끝이나 오른쪽 끝을 회전축으로 하여 돌림힘의 평형을 구해야 한다.

크레인이 안정적으로 수평을 유지할 수 있는  $x$ 의 범위는? (단, 가로 빔의 굵기와 밀도는 균일하며, 가로 빔의 질량은  $m$ 이다. 중력 가속도는  $g$ 이며, 받침대의 가로 길이는  $L$ 이고, 빔 위쪽 구조물의 무게는 무시한다.)

- |   |   |   |
|---|---|---|
| ① $\frac{11}{5}L \leq x \leq \frac{14}{3}L$ | ② $\frac{11}{5}L \leq x \leq \frac{15}{2}L$ | ③ $\frac{9}{4}L \leq x \leq \frac{9}{2}L$ |
| ④ $\frac{11}{4}L \leq x \leq \frac{13}{2}L$ | ⑤ $\frac{13}{3}L \leq x \leq \frac{16}{3}L$ |   |

▶ 구조물의 안정성

09 그림과 같이 밀도가 균일한 직육면체 물체에 힘  $F$ 를 수평 방향으로 작용하였더니 물체가 수평면과  $\theta$ 의 각을 이루고 정지해 있다. 이때 물체의 가로 길이는  $L$ , 세로 길이는  $2L$ 이며, 무게는  $W$ 이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?



▶ 물체의 무게 중심에서 내린 연직선이 바닥면을 벗어 나면 물체가 쓰러진다.

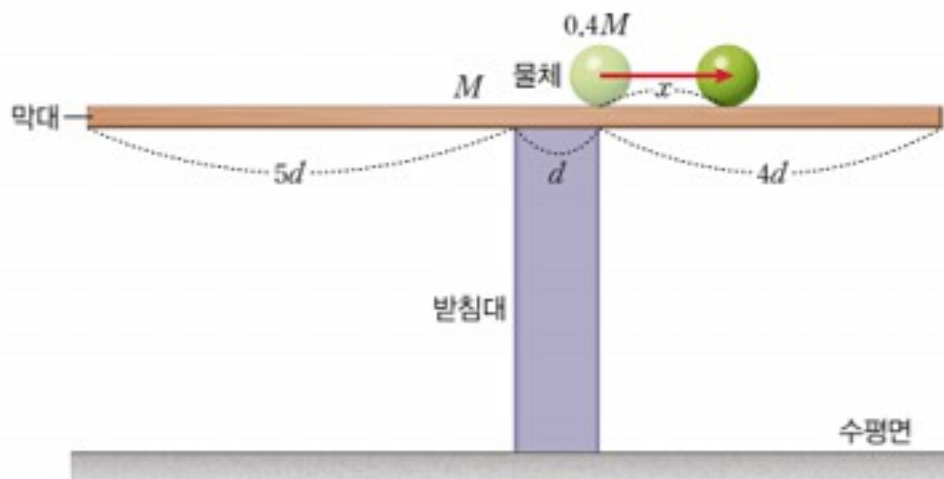
보기

- ㄱ.  $F$ 의 크기가 클수록  $\theta$ 가 커진다.
- ㄴ. 지면이 물체를 떠받치는 힘의 크기는  $W$ 이다.
- ㄷ.  $\tan\theta$ 가 2보다 작아지면 물체는 쓰러진다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

▶ 구조물의 안정성

10 그림과 같이 받침대 위에 수평으로 놓인 질량이  $M$ 이고 길이가  $10d$ 인 막대 위에 질량이  $0.4M$ 인 물체를 막대의 오른쪽 끝에서  $4d$ 인 지점에 놓았다. 막대의 왼쪽 끝에서 받침대 왼쪽 끝까지의 거리가  $5d$ 이고, 받침대의 가로 길이는  $d$ 이다.



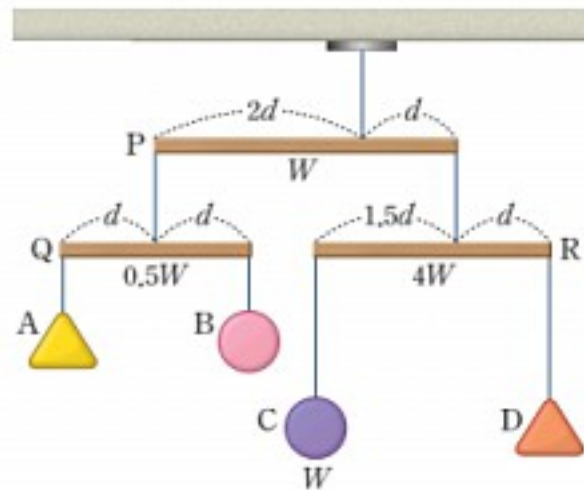
▶ 물체가 이동하는 최대 거리는 회전축을 받침대의 오른쪽 끝으로 할 때 막대가 쓰러지지 않고 돌림힘의 평형을 이룰 때이다.

물체가 오른쪽으로 서서히 이동할 때 막대가 받침대에서 쓰러지지 않을 때까지 물체가 이동하는 거리  $x$ 의 최댓값은? (단, 중력 가속도는  $g$ 이고, 막대의 굵기와 밀도는 균일하며, 모든 마찰은 무시한다.)

- ①  $0.5d$                       ②  $1.25d$                       ③  $1.5d$                       ④  $2.5d$                       ⑤  $3d$

▶ 역학적 평형

11 그림과 같이 물체 A, B, C, D가 실로 연결된 모빌에서 막대 P, Q, R가 수평을 이루어 정지해 있다. P, Q, R의 길이는 각각  $3d$ ,  $2d$ ,  $2.5d$  이고 P, Q, R의 무게는 각각  $W$ ,  $0.5W$ ,  $4W$  이며, C의 무게는  $W$ 이다. P, Q, R의 왼쪽 끝에서 실이 매달린 곳까지의 거리는 각각  $2d$ ,  $d$ ,  $1.5d$ 이다.



▶ 막대 양쪽에 작용하는 돌림힘이 평형을 이룰 때 막대가 정지해 있다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은? (단, 막대의 밀도는 균일하며, 모빌의 크기와 실의 무게는 무시한다.)

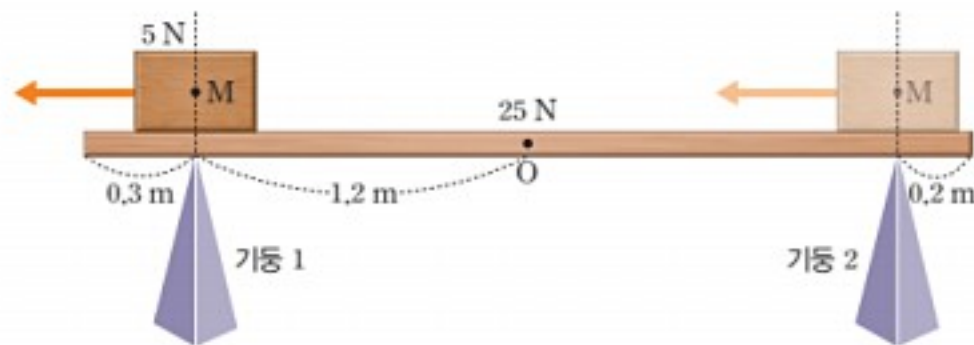
보기

- ㄱ. D의 무게는  $2.5W$ 이다.
- ㄴ. A의 무게는 B의 무게의  $\frac{1}{2}$ 이다.
- ㄷ. 천장에 매달린 실이 P를 당기는 힘의 크기는  $6.5W$ 이다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

▶ 구조물의 안정성

12 그림과 같이 길이가 3 m이고 무게가 25 N인 다리가 기둥 1과 기둥 2 위에 놓여 있다. 기둥 1은 다리 왼쪽으로부터 0.3 m인 자점에, 기둥 2는 다리 오른쪽으로부터 0.2 m인 자점에 있으며 O는 다리 중앙의 점이다. 무게 5 N의 물체가 기둥 2에서 기둥 1까지 서서히 이동하는 동안 물체의 무게 중심 M은 기둥 2와 다리가 만나는 점의 연직선상에서 기둥 1과 다리가 만나는 점의 연직선상으로 이동한다.



▶ 물체의 위치에 관계없이 힘과 돌림힘이 평형을 이루어야 한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은? (단, 다리의 밀도는 균일하고, 물체와 다리의 크기 및 모든 마찰은 무시한다.)

보기

- ㄱ. 기둥 2가 다리를 떠받치는 힘의 최댓값은 17 N이다.
- ㄴ. 물체가 이동하는 동안 기둥 2가 다리를 떠받치는 힘의 최댓값과 최솟값의 차이는 5 N이다.
- ㄷ. 물체가 O 위에 있을 때 기둥 1이 다리를 떠받치는 힘은 15.6 N이다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ