

Theme2. 뉴턴 운동 법칙

Chapter7. 뉴턴 운동 3법칙

7.1 작용&반작용과 힘의평형

작년 모평과 수능에 이어 이번 3월 학평에서도 뉴턴 문제는 두 문항이 출제되었습니다.
한 문항은 <뉴턴 운동 2법칙>문제 다른 문항은 <힘의 평형>문제입니다.

<뉴턴 운동 법칙은> Chapter6에서 다뤘으니 참고 부탁드립니다.

보통 이 유형에서는 실로 연결되어 있는 계가 등장하며, 실을 끊어주는 등 다양한 상황을 연출하여 문제를 구성합니다. Chapter6을 참고하시면 이번 3월 학평에 나온 문제도 굉장히 쉽게 해결할 수 있습니다.

저는 이번에 소개하게 될 <힘의 평형>을 <정지 상태 증명>이라고 부르기도 합니다.
각 물체의 '부분(물체)'과 '전체(계)'의 정지 상태를 증명하면 자연스럽게 문제가 풀리게 되거든요.

구하는 물체 혹은 계의 정지 상태를 증명하기 위해 물체나 계에게 작용하는 알짜힘이 0임을 보이면 되고,
이는 지난 Chapter에서 사용한 **상자**를 써워서 풀면 수월하게 해결할 수 있습니다.

다음 페이지에 나오는 예제를 통해 기본적인 학습을 해보고, 최근 기출문제들을 분석해 보겠습니다.

※ 알짜힘이 0이라고 무조건 정지 상태인 것은 아니지만 (등속운동) 여기서는 가벼운 의미로 읽어주세요.

※참고1: 두 힘이 작용&반작용인지 힘의 평형인지 구분하는 방법

[작용&반작용]

① 주어 목적어 도치

A가 B를 미는 힘(작용)

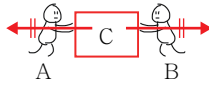
↓

B가 A를 미는 힘(반작용)

[두 힘의 평형]

① 목적어 동일

② 두 힘의 크기 동일

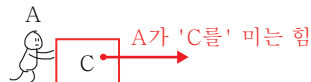


A가 C를 미는 힘

↓ (평형 관계)

B가 C를 미는 힘

※참고2: 힘의 작용점은 힘을 받는 대상인 목적어에 표시 →

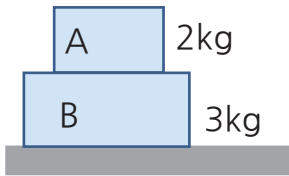


Theme2. 뉴턴 운동 법칙

Chapter7. 뉴턴 운동 3법칙

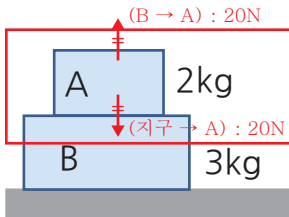
7.1 작용&반작용과 힘의평형

<예제 1>



- Q1. B에 작용하는 중력과 지면이 B를 떠받치는 힘은 작용 반작용 관계이다.(O/X)
 Q2. B가 지면을 눌러주는 힘은 50N이다 (O/X)
 Q3. A에 작용하는 중력과 B가 A를 떠받치는 힘은 힘의 평형 관계이다.(O/X)

[solution]



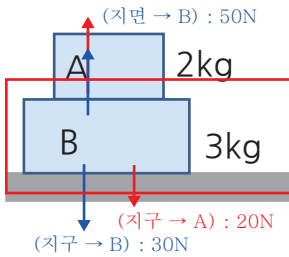
A와 B의 정지 상태를 증명해 봅시다.

A

A에게 작용하는 중력의 크기는 20N입니다.
 ('중력'은 '지구가 A를 당기는 힘'으로 바뀌서 풀면 주어와 목적어가 드러남)

만약, A에게 중력만 작용했다면 A는 연직 아래 방향으로 가속 되어야 하는데 정지해있으므로 (알짜힘이 0이므로) 반대 방향으로도 중력과 같은 크기의 힘을 받는다는 말이 됩니다.
 따라서 B가 A를 떠받치는 힘의 크기는 20N입니다.

그럼 A에게 작용하는 모든 힘의 합력이 0이므로 A의 정지 상태가 증명됐습니다.
 다음은 B를 봅시다.



B

B에게 작용하는 중력의 크기는 30N입니다.

또한 B한테는 'B가 A를 떠받치는 힘'의 반작용인 'A가 B를 밀어주는 힘'인 20N도 작용합니다. 만약 이 두 힘만 A는 연직 아래 방향으로 가속 되어야 하는데 정지해있으므로 반대 방향으로도 동일한 힘을 받는다는 말이 됩니다.
 따라서 지면이 B를 떠받치는 힘의 크기는 50N이 됩니다. 그리고 이 힘을 수직으로 저항하는 힘이라고 하여 수직항력이라고 부릅니다.

Q1. B에 작용하는 중력과 지면이 B를 떠받치는 힘은 작용 반작용 관계이다.(O/X)
 B에 작용하는 중력=<지구가 B를 당기는 힘> <지면이 B를 떠받치는 힘>
 작용 반작용X

Q2. B가 지면을 눌러주는 힘은 50N이다 (O/X)
 B가 지면을 눌러주는 힘의 크기= 지면이 B를 떠받치는 힘의 크기
 따라서 50N 참

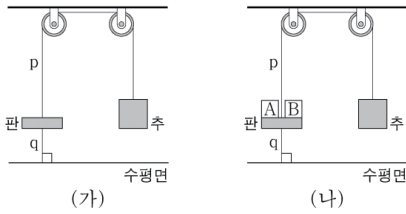
Q3. A에 작용하는 중력과 B가 A를 떠받치는 힘은 힘의 평형 관계이다.(O/X)

Theme2. 뉴턴 운동 법칙

Chapter7. 뉴턴 운동 3법칙 <연습문제>

[2024학년도 수능]

1. 그림 (가)는 질량이 5kg인 판, 질량이 10kg인 추, 실 p, q가 연결되어 정지한 모습을, (나)는 (가)에서 질량이 1kg으로 같은 물체 A, B를 동시에 판에 가만히 올려놓았을 때 정지한 모습을 나타낸 것이다.



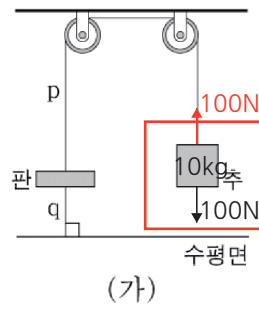
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 10m/s^2 이고, 판은 수평면과 나란하며, 실의 질량과 모든 마찰은 무시한다.) [3점]

<보 기>

- ㄱ. (가)에서 q가 판을 당기는 힘의 크기는 50N이다.
- ㄴ. p가 판을 당기는 힘의 크기는 (가)에서와 (나)에서가 같다.
- ㄷ. 판이 q를 당기는 힘의 크기는 (가)에서와 (나)에서보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[solution]



문제에 등장하는 계와 각 물체들은 정지해있으므로 작용하는 알짜힘은 모두 0입니다.

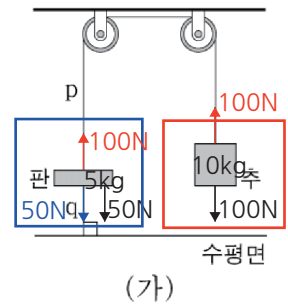
추에게 작용하는 중력은 100N. 그런데 추가 정지해있으므로 실이 추를 당기는 힘의 크기는 100N이 됩니다.

(상자 내부만 보면 되기에 판이나 실 q를 전혀 볼 필요가 없습니다.)

p의 장력은 어디에서나 100N
이므로 판에 상자를 씌우고 p장력 표시

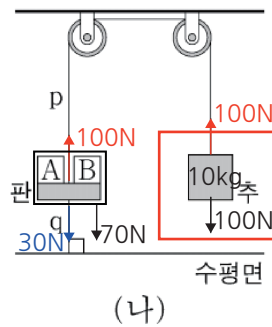
판의 중력 50N 표시

여기까지 표시했을 때 합력이 +y방향으로 50N이므로 q가 판을 -y방향으로 50N만큼 당겨줘야 판에 작용하는 합력이 0이 되어 정지해있음을 증명할 수 있습니다.



(가)와 동일한 방법으로 추에게 작용하는 힘 표시

A+B+판을 7kg의 하나의 덩어리로 생각하고 힘을 표시 후 계산하면 실 q의 장력이 30N가 됩니다.



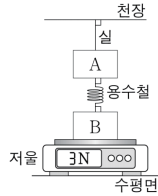
답: ⑤

Theme2. 뉴턴 운동 법칙

Chapter7. 뉴턴 운동 3법칙 <연습문제>

[2023학년도 모평]

2. 그림은 실에 매달린 물체 A를 물체 B와 용수철로 연결하여 저울에 올려놓았더니 물체가 정지한 모습을 나타낸 것이다. A, B의 무게는 2N으로 같고, 저울에 측정된 힘의 크기는 3N이다.



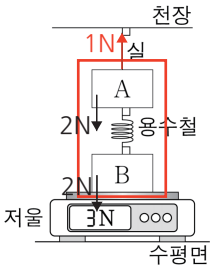
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 실과 용수철의 무게는 무시한다.) [3점]

<보 기>

- ㄱ. 실이 A를 당기는 힘의 크기는 1N이다.
- ㄴ. 용수철이 A에 작용하는 힘의 방향은 A에 작용하는 중력의 방향과 같다.
- ㄷ. B에 작용하는 중력과 저울이 B에 작용하는 힘은 작용 반작용의 관계이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[solution 전체 → 부분]

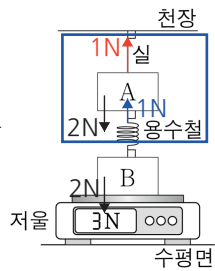


각각의 무게가 2N이기 때문에 용수철, 실 등이 없었으면 저울에는 4N의 값이 찍혔을 겁니다.

A+B에 상자를 씌워주면 이 계의 무게는 4N이 되어야 하는데 3N이 찍혔으므로 실이 계를 당겨주는 힘이 1N이 됩니다.

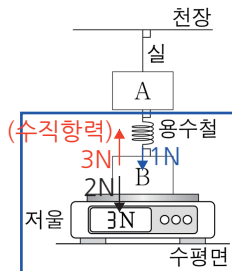
A에 상자를 씌워보면 중력과 장력에 합력은 연직 아래 방향으로 1N이 되므로 힘의 평형을 이루기 위해서는 용수철이 A 물체를 연직 위쪽 방향으로 1N 크기로 밀어줘야 합니다.

(용수철은 원래 길이보다 압축되어 있다는 것도 알 수 있음.)



B에 상자를 씌워보면 용수철과 중력이 연직 아래 방향으로 3이므로 저울이 B를 떠받치는 힘의 크기는 3N입니다.

(저울에는 표시되는 숫자는 수직 항력입니다.)



답: ①

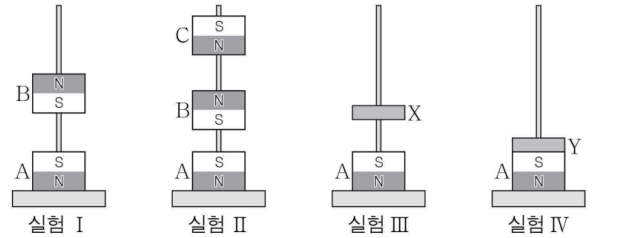
[2024학년도 학평]

3. 다음은 자석과 자성체를 이용한 실험이다.

[실험 과정]

- (가) 그림과 같은 고리 모양의 동일한 자석 A, B, C, ㉠강자성체 X, 상자성체 Y를 준비한다.
- (나) 수평면에 연직으로 고정된 나무 막대에 자석과 자성체를 넣고, 모두 정지했을 때의 위치를 비교한다.

[실험 결과]



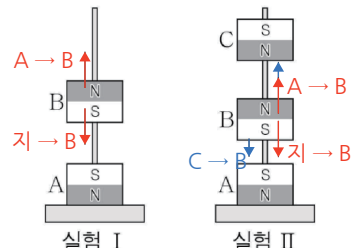
* 단, 모든 마찰은 무시함.

5. 실험 I과 II에 대한 설명으로 옳은 것은? [3점]

- ① I에서 A가 B에 작용하는 자기력과 B에 작용하는 중력은 작용 반작용 관계이다.
- ② II에서 A가 B에 작용하는 자기력의 크기는 B의 무게와 같다.
- ③ I과 II에서 A가 B에 작용하는 자기력의 크기는 같다.
- ④ B에 작용하는 알짜힘의 크기는 II에서가 I에서보다 크다.
- ⑤ A가 수평면을 누르는 힘의 크기는 II에서가 I에서보다 크다.

[solution]

- ① B에 작용하는 중력 = <지구가 B를 당기는 힘>, <A가 B에 작용하는 힘> 주목 도치 X → 작용 반작용 X 힘의 평형 관계이다.
- ② B의 무게가 더 작음
- ③ II에서 더 크다.
- ④ B에 작용하는 알짜힘의 크기는 모두 0이다
- ⑤ 내력(자기력)은 상쇄되므로 실험 I에서는 지면이 A와 B의 무게를 버티고 있는 것이고, 실험 II에서는 지면이 A, B, C 모든 물체의 무게를 버티고 있는 것이다. A가 수평면을 누르는 힘은 수평면이 A를 떠받치는 힘의 크기와 같으므로 II에서가 더 크다. (마치 A가 B를 등에 지고(업고) 있다고 생각하면 편하다.)



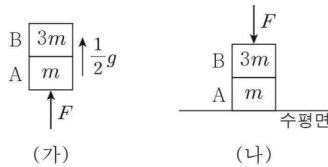
답: ⑤

Theme2. 뉴턴 운동 법칙

Chapter7. 뉴턴 운동 3법칙 <연습문제>

[고2 모의고사]

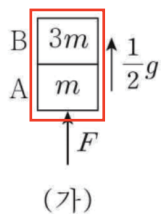
4. 그림 (가)와 같이 연직 위 방향으로 일정한 힘 F 가 물체 A에 작용하여 A와 물체 B가 함께 등가속도 직선 운동한다. A, B의 가속도 크기는 $\frac{1}{2}g$ 이다. 그림 (나)와 같이 연직 아래 방향으로 일정한 힘 F 가 B에 작용하여 A, B가 정지해 있다. A, B의 질량은 각각 $m, 3m$ 이다.



(가), (나)에서 A가 B에 작용하는 힘의 크기를 각각 $F_{(가)}$, $F_{(나)}$ 라 할 때, $\frac{F_{(나)}}{F_{(가)}}$ 는? (단, 중력 가속도는 g 이고, 물체의 크기는 무시한다.)

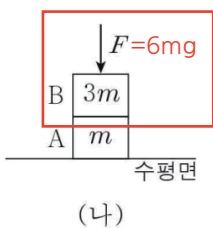
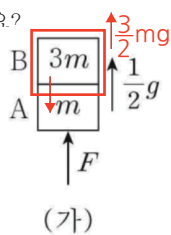
- ① $\frac{1}{3}$ ② $\frac{1}{2}$ ③ 1 ④ 2 ⑤ 3

[solution]



A, B 계에 작용하는 힘은 두 종류입니다. A, B계의 중력과 외력 F . 이 두 힘이 합성되어 가속도가 $g/2$ 가 나온것이죠. 따라서 합력은 질량과 합성되어 나온 가속도를 곱한 $2mg$ 입니다. 여기서 A, B의 중력이 $4mg$ 인데 $+y$ 방향으로 $2mg$ 의 합력을 받는다는 것을 통해 $F=6mg$ 라는 것을 알 수 있습니다.

여기서 A가 B에게 작용하는 힘은 어떻게 구할까요? B에게만 상자를 씌워보면 B는 중력을 $3mg$ 받는데, 합력이 $+y$ 방향으로 $3mg/2$ 이므로 상자 내부에 있는 A가 B를 밀어주는 힘의 크기는 $9mg/2$ 가 됩니다.

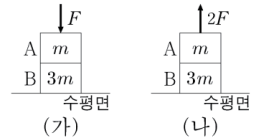


A는 F 를 업고 있는 B를 떠받치고 있으므로 A가 B를 떠받치는 힘의 크기는 $9mg$

답: ④

[2024학년도 모평]

5. 그림 (가), (나)는 직육면체 모양의 물체 A, B가 수평면에 놓여 있는 상태에서 A에 각각 크기가 $F, 2F$ 인 힘이 연직 방향으로 작용할 때, A, B가 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다. A, B의 질량은 각각 $m, 3m$ 이고, B가 A를 떠받치는 힘의 크기는 (가)에서의 2배이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g 이다.)

<보 기>

- ㄱ. A에 작용하는 중력과 B가 A를 떠받치는 힘은 작용 반작용 관계이다.
 ㄴ. $F = \frac{1}{5}mg$ 이다.
 ㄷ. 수평면이 B를 떠받치는 힘의 크기는 (가)에서 (나)에서의 $\frac{7}{6}$ 배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[solution]

ㄱ. 거짓
 A에 작용하는 중력 = <지구가 A를 당기는 힘>과 <B가 A를 떠받치는 힘>은 작용 반작용 관계가 아니라 힘의 평형입니다.

ㄴ. 참
 (가)에서 B가 떠받치는 힘은 $mg+F$.
 (나)에서 B가 떠받치는 힘은 $mg-2F$
 이고 이 힘은 (가)에서 (나)에서의 두 배이므로 $(mg+F) = 2(mg-2F)$

$$F = mg/5$$

ㄷ. 참
 (가)에서 수평면이 B를 떠받치는 힘의 크기는 $4mg+F$
 (나)에서 수평면이 B를 떠받치는 힘의 크기는 $4mg-2F$

$$F = mg/5 \text{를 대입해서 계산해 보면 각각 } \frac{21}{5}mg, \frac{18}{5}mg \text{가 나오므로 참}$$

답: ④