

[최고의 수험물리 전문가]

윤형철

# 변리사 탄탄물리

[개념+기출]

## – 02장. 뉴턴 운동법칙 –

“물리는 외우는 과목이 아니라 생각하는 과목입니다.”

세 가지 강의 철학

목차

– 성장기반 물리

(Grow-based Physics)

– 취사선택 물리

(Cut-off Strategy Physics)

– 생각하는 물리

(Thinking Physics)

1. 뉴턴 운동법칙



물리

윤형철 교수

물리 윤형철 교수입니다.

## 약력

전남과학고등학교 졸업  
서울대학교 사범대학 물리교육과 졸업

전 대치 미래탐구  
전 대치 새움학원  
현 대치 링크물리  
현 변리사스쿨 물리 전문교수

[역학 개관]

물리현상 (문제상황)	→ 물리량	물리법칙
물체의 운동 <표현>	① 시간 ② 위치 ③ 변위 ④ 거리 ⑤ 속도 ⑥ 속력 ⑦ 가속도	없음 (미적분+기하)  그래프 해석
물체의 운동 <원인>	① 힘/알짜 힘 ② 돌림힘/알짜 돌림힘	[뉴턴 운동법칙] - 제1법칙 (관성) - 제2법칙 (질량/가속도) - 제3법칙 (작용/반작용)
충돌/융합/분열(폭발) <순식간>	① 운동량/운동량 변화량 ② 충격량/충격력	① 운동량 보존법칙 ② 충격량-운동량 변화량 정리
물체의 운동 <스칼라적 접근>	① 일 ② 운동에너지 ③ 위치에너지-보존력 ④ 역학적 에너지	① 알짜일-운동에너지 변화량 정리 ② 보존력-위치에너지 관계 ③ 역학적 에너지 보존법칙

## I. 물체의 운동

### 1. 물체(body) - 역학적 구분

- (1) 질점 - 입자 (크기 무시)
- (2) 강체 - 고체 (크기 고려)
- (3) 유체 - 액체/기체 (크기 고려)

### 2. 운동(motion)

- (1) 정의  
운동이란 시간에 따라 물체의 위치가 변하는 물리현상이다.
- (2) 분류
  - 1) 병진운동 : 물체가 전체적으로 이동하는 운동(예. 자유낙하 하는 물체)
  - 2) 회전운동 : 물체가 전체적으로 이동하지 않고 고정된 한 점을 중심으로 돌아가는 운동 (예. 선풍기 날개의 운동)
  - 3) 진동운동 : 물체가 일정한 점을 중심으로 왕복하는 운동 (예. 시계추의 운동)

## II. 힘 (Force)

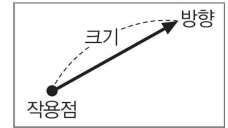
### 개념 POINT

### 1. 정의

힘이란 물체의 모양이나 변진운동상태(순간속도)를 변화시키는 원인이 되는 물리량이다.

### 2. 표시

- (1) 힘의 작용점
- (2) 힘의 크기
- (3) 힘의 방향
- (4) 힘의 작용선



힘의 표시

### 3. 성격 - 벡터

- (1) 힘의 크기 : 화살표의 길이
- (2) 힘의 방향 : 화살표의 방향

### 4. 단위 : $kg \cdot m/s^2 = N$ (뉴턴)

### 5. 적용

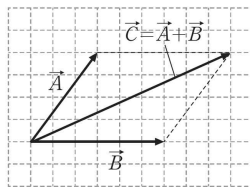
#### (1) 힘의 합성 - 알짜 힘 구하기

##### 1) 정의

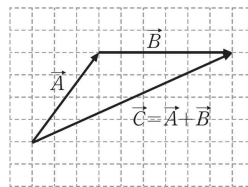
힘의 합성이란 한 물체에 여러 힘이 동시에 작용할 때, 이 힘들과 같은 효과를 내는 하나의 등가힘인 알짜 힘(합력)을 구하는 것이다.

##### 2) 상황

같은 방향으로 두 힘이 작용할 때	반대 방향으로 두 힘이 작용할 때	셋 이상의 힘이 작용할 때
<ul style="list-style-type: none"> <li>알짜힘의 크기: 두 힘의 합</li> <li>알짜힘의 방향: 두 힘의 방향</li> </ul> $F = F_1 + F_2$	<ul style="list-style-type: none"> <li>알짜힘의 크기: 두 힘의 차</li> <li>알짜힘의 방향: 큰 힘의 방향</li> </ul> $F = F_1 - F_2 \ (F_1 > F_2)$	두 힘의 합성을 반복하여 알짜힘을 구한다. $F = (F_1 - F_2) + F_3$



평행사변형법



삼각형법

#### 3) 알짜힘과 운동상태(순간속도)

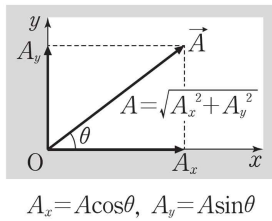
알짜힘의 방향과 운동 방향의 관계				
물체의 운동 상태	운동 방향과 같은 방향으로 알짜힘을 받으면 속력이 빨라진다.	운동 방향과 반대 방향으로 알짜힘을 받으면 속력이 느려진다.	운동 방향에 수직으로 알짜힘을 받으면 속력은 변하지 않고, 운동 방향만 변한다.	알짜힘이 0이면 운동 상태가 변하지 않는다.

(2) 힘의 분해

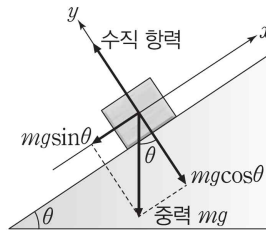
1) 정의

힘의 분해란 하나의 힘을 두 개 이상의 힘으로 나누는 것을 말한다. 이 각각의 힘을 그 힘의 성분이라고 한다.

2) 상황



▲ 벡터의 분해



▲ 빗면에서 힘의 분해

(3) 힘의 평형

1) 정의

힘의 평형이란 한 물체에 여러 힘이 동시에 작용할 때, 이 힘들과 같은 효과를 내는 하나의 등가힘인 알짜 힘(합력)이 0인 경우이다. 즉  $\sum \vec{F} = 0$ 인 경우이다.

2) 효과

힘의 평형이면 물체의 병진운동상태(순간속도)가 변하지 않는다. 즉 정지 또는 등속도 운동(등속 직선 운동)을 한다.

3) 상황 - 두 힘이 평형을 이루는 예

줄에 매달린 사과	수평면에 놓인 나무 도막	물 위에 떠 있는 튜브
사과에 작용하는 중력과 장력은 힘의 평형을 이룬다.	나무 도막에 작용하는 중력과 수직 항력은 힘의 평형을 이룬다.	튜브에 작용하는 중력과 *부력은 힘의 평형을 이룬다.

6. 법칙 - 뉴턴의 운동법칙(적용순서 : 1 → 3 → 2 → 1)


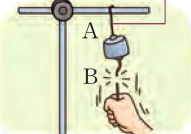

(1) 뉴턴 제1법칙(관성의 법칙)

1) 정의

물체에 작용하는 알짜힘이 0일 때, 즉  $\sum \vec{F} = 0$ 인 경우 정지해 있는 물체는 계속 정지해 있고 운동하는 물체는 계속 등속도 운동을 한다는 법칙이다. 즉 알짜힘이 0이면 운동상태(순간속도)의 변화가 없다.

2) 관성

- ① 관성이란 물체가 자신의 운동상태를 계속 유지하려는 성질을 말한다.
- ② 관성의 크기는 질량에 비례하므로 질량이 클수록 물체의 운동상태를 변화시키기 어렵다.
- ③ 종류
  - a) 정지관성 : 정지 중인 물체가 계속 그대로 정지하려는 성질
  - b) 운동관성 : 운동 중인 물체가 계속 등속도 운동하려는 성질

현상			
설명	버스는 이동하는데 승객은 관성에 의해 제자리에 계속 정지해 있으려 하기 때문이다.	관성에 의해 추는 제자리에 정지해 있고 아래쪽 실에 당기는 힘이 걸리기 때문이다.	발은 정지하는데 사람의 몸은 운동 방향으로 계속 움직이려 하기 때문이다.

개념 POINT

3) 의미

뉴턴 제1법칙(관성의 법칙)의 의미는 관성좌표계에 있는 관측자에게만 뉴턴 운동법칙이 성립한다는 것이다. 즉 뉴턴 운동법칙은 정지 또는 등속도 운동하는 관측자에게만 성립한다. 따라서 가속좌표계에 있는 관측자에게는 뉴턴 운동법칙이 성립하지 않는다.

(2) 뉴턴 제2법칙(질량/가속도의 법칙) - 운동방정식

1) 정의

질량이  $m$ 인 물체에 0이 아닌 알짜힘  $\sum \vec{F}$ 가 작용하면 알짜힘의 크기에 비례하고 질량의 크기에 반비례하는 순간가속도  $\vec{a}$ 가 생긴다.

2) 표시 - 운동방정식

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

3) 상황

<p>(1) 접촉 상태로 운동하는 물체에 작용하는 힘과 운동: 그림과 같이 질량이 각각 <math>M</math>, <math>m</math>인 물체 A, B를 접촉시켜 마찰이 없는 수평면에 놓고 A에 수평 방향으로 크기가 <math>F</math>인 힘을 작용한다.</p> <p>① 전체 질량이 <math>M+m</math>이고 작용하는 힘의 크기가 <math>F</math>이므로, 가속도의 크기 <math>a</math>는 다음과 같다.</p> $a = \frac{F}{M+m}$ <p>② B에 작용하는 알짜힘은 A가 B를 미는 힘과 같다. 따라서 A, B 사이에서 상호 작용을 하는 힘의 크기 <math>F_{AB}</math>는 다음과 같다.</p> $F_{AB} = ma = \frac{m}{M+m}F$	<p>(2) 실로 연결된 물체에 작용하는 힘과 운동: 그림과 같이 질량이 각각 <math>M</math>, <math>m</math>인 물체 A, B를 실로 연결하여 마찰이 없는 수평면에 놓고, B에 수평 방향으로 크기가 <math>F</math>인 힘을 작용한다.</p> <p>① 전체 질량이 <math>M+m</math>이고 작용하는 힘의 크기가 <math>F</math>이므로, 가속도의 크기 <math>a</math>는 다음과 같다.</p> $a = \frac{F}{M+m}$ <p>② A, B에 작용하는 알짜힘은 각각의 질량에 가속도를 곱한 값과 같다. A, B에 작용하는 알짜힘의 크기 <math>F_A</math>, <math>F_B</math>는 다음과 같다.</p> $F_A = Ma = \frac{M}{M+m}F, F_B = ma = \frac{m}{M+m}F$
<p>(3) 도르래를 통해 1자 모양으로 연결된 물체에 작용하는 힘과 운동: 그림과 같이 질량이 각각 <math>M</math>, <math>m</math>인 물체 A, B를 도르래를 통해 실로 연결한 후 가만히 놓는다.</p> <p>① B에 작용하는 중력이 A, B를 가속시킨다. 따라서 A, B의 가속도의 크기를 <math>a</math>, 실이 A, B를 당기는 힘의 크기를 <math>T</math>라고 하면 다음과 같이 운동 방정식을 세울 수 있다.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>A: <math>T = Ma</math> ..... ㉠</li> <li>B: <math>mg - T = ma</math> ..... ㉡</li> </ul> <p>② ㉠, ㉡을 연립하여 풀면 <math>a</math>와 <math>T</math>는 다음과 같다.</p> $a = \frac{m}{M+m}g, T = \frac{Mm}{M+m}g$ <ul style="list-style-type: none"> <li>가속도의 크기는 B에 작용하는 중력을 전체 질량으로 나눈 값과 같다.</li> <li>실이 A, B를 당기는 힘의 크기는 A, B의 위치를 서로 바꿔도 똑 같다.</li> </ul>	<p>(4) 도르래를 통해 n자 모양으로 연결된 물체에 작용하는 힘과 운동: 그림과 같이 질량이 각각 <math>M</math>, <math>m</math> (<math>M &gt; m</math>)인 물체 A, B를 도르래를 통해 실로 연결한 후 가만히 놓는다.</p> <p>① A, B의 가속도의 크기를 <math>a</math>, 실이 A, B를 당기는 힘의 크기를 <math>T</math>라고 하면 다음과 같다.</p> $Mg - T = Ma, T - mg = ma$ <p>② 두 식을 연립하여 풀면 <math>a</math>와 <math>T</math>는 다음과 같다.</p> $a = \frac{M-m}{M+m}g, T = \frac{2Mm}{M+m}g$

(3) 뉴턴 제3법칙(작용/반작용의 법칙)

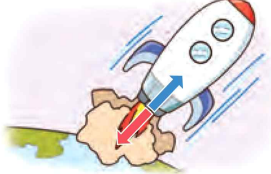
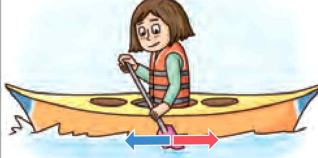

1) 정의

한 물체가 다른 물체에 힘을 가하면 동시에 힘을 받은 물체도 힘을 가한 물체에 동일 작


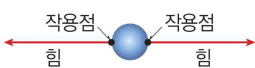
용선 상에서 크기가 같고 방향이 반대인 힘을 즉시 가한다. 이 때 한 힘을 작용이라고 하면 방향이 반대인 힘을 반작용이라고 한다.

### 2) 특징

- ① 작용 반작용은 모든 힘에 대하여 성립하며, 항상 한 쌍으로 존재한다.
- ② 작용 반작용은 물체의 운동상태에 상관없이 항상 성립한다. 즉 정지하거나 운동하거나 상관없다.
- ③ 작용 반작용은 접촉력뿐만 아니라 비접촉력에서도 성립한다.
- ④ 작용 반작용은 서로 다른 물체에 작용하는 힘으로 작용점이 다르다. 즉 작용점이 서로 다른 물체에 있다.
- ⑤ 작용 반작용은 크기가 같고 방향이 반대이다.
- ⑥ 작용 반작용은 동일 작용선 상에서 동시에 작용하는 힘이다.

		
로켓이 가스를 내뿜는 힘의 반작용으로 가스가 로켓을 밀어준다.	노로 물을 뒤로 밀면 그 반작용으로 물이 노를 밀어 배가 나아간다.	드론의 날개가 공기를 아래로 밀면 반작용으로 공기가 드론을 위로 밀어 드론이 공중에 뜰 수 있다.

### 3) 작용 반작용과 힘의 평형

구분	작용 반작용	두 힘의 평형
공통점	두 힘의 크기가 같고 방향이 반대이며, 같은 작용선상에 있다.	
차이점	두 물체 사이에 작용하는 힘으로, 작용점이 상대방 물체에 있다. 	한 물체에 작용하는 두 힘으로, 두 힘의 작용점이 한 물체에 있다. 

### (4) 뉴턴 운동법칙의 적용순서(1→3→2→1)

- 1) 관측자가 관성좌표계에 있는지 확인한다.
- 2) 주어진 물리 상황에서 물체의 개수를 찾는다.
- 3) 물체들 사이의 작용·반작용 관계를 모두 찾는다.
- 4) 의미 있는 작용·반작용 관계 중에서 관심을 가지는 물체에 작용하는 모든 힘을 찾아 알짜힘을 구하고 운동방정식  $\sum \vec{F} = m\vec{a}$ 에 대입하여  $\vec{a}$ 를 찾는다.

## 7. 종류

### (1) 중력(지표면 근처)

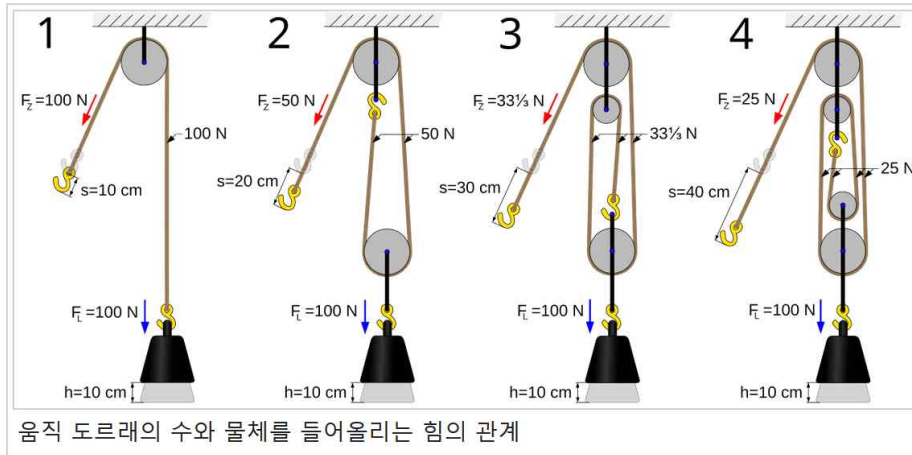
- 1) 정의 : 지구가 물체를 끌어당기는 힘(인력)
- 2) 크기 : 물체의 질량에 비례한다.
- 3) 방향 : 연직아래 방향(지구중심 방향)

### (2) 수직항력

- 1) 정의 : 물체가 면 위에 놓여 있을 때, 접촉면이 물체를 수직으로 밀어내는(떠받치는) 힘
- 2) 크기 : 상황에 따라 달라진다.
- 3) 방향 : 항상 접촉면이 물체를 밀어내는 방향
- 4) 의미 : 수직항력이 0이 아니면 물체와 면이 접촉하고 있는 것이고, 0이면 물체와 면이 떨어져 있는 것이다.

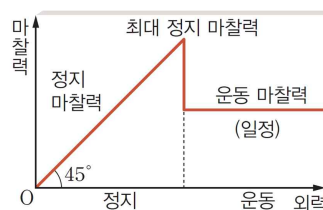
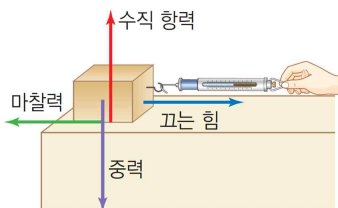
(3) 장력

- 1) 정의 : 물체가 줄에 매달려 있을 때, 줄이 각 부분이 서로 이웃한 부분을 잡아당기는 힘
- 2) 크기 : 상황에 따라 달라진다. 특히 줄의 질량을 무시하면 그 줄의 모든 부분에서 장력의 크기가 같다. 그러나 줄이 여러 개인 경우 각각의 줄의 장력의 크기는 다르다.
- 3) 방향 : 항상 물체를 당기는 방향



(4) 마찰력

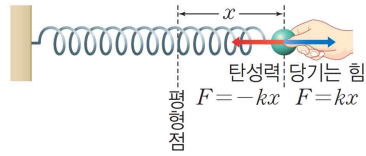
- 1) 정의 : 두 물체의 접촉면 사이에서 물체가 미끄러지는 것을 방해하는 힘
- 2) 특징
  - ① 마찰력은 하중에 비례한다.
  - ② 마찰력은 접촉면적과 무관하다.
  - ③ 마찰력은 순간속도와 무관하다.
- 3) 종류
  - ① 정지 마찰력( $f_s$ ) : 물체가 정지하고 있을 때 받는 마찰력
    - a) 크기 : 외력의 크기와 같다.
    - b) 방향 : 물체가 움직이려는 방향에 반대되는 방향
    - c) 물체가 미끄러지지 않은 조건 : 정지 마찰력  $f_s (= \text{외력}) \leq \text{최대 정지 마찰력 } f_{s, \max} (= \mu_s N)$
  - ② 운동 마찰력( $f_k$ ) : 물체가 운동하고 있을 때 받는 마찰력
    - a) 크기 :  $f_k = \mu_k N$  ( $\mu_k$ 는 운동마찰계수), 벡터 방정식이 아님.
    - b) 방향 : 물체와 면의 상대적인 운동을 방해하려는 방향



(5) 탄성력

- 1) 정의 : 변형된 용수철이 물체를 잡아당기거나 미는 힘
- 2) 크기 : 변형된 길이에 비례
- 3) 방향 : 늘어난 용수철은 물체를 잡아당기는 방향, 압축된 용수철은 물체를 밀어내는 방향
- 4) 법칙 : 훅의 법칙  $\vec{F} = -kx$   
( $k$ 는 용수철 상수, 단위  $N/m$ ,  $k$ 가 클수록 용수철이 잘 늘어나지 않는다.  $-$ 는 변형의 )





개념 POINT

- (6) 부력
- (7) 전기력
- (8) 자기력

## 8. 분류

- (1) 접촉력과 비접촉력
  - 1) 접촉력 : 수직항력, 장력, 탄성력, 부력, 마찰력
  - 2) 비접촉력 : 중력, 전기력, 자기력
- (2) 보존력과 비보존력
  - 1) 보존력(예외) : 중력, 탄성력, 전기력
  - 2) 비보존력(원칙) : 수직항력, 장력, 부력, 마찰력

## 9. 기본 힘(참고)

자연계에 존재하는 모든 힘은 다음의 4가지 기본 힘에 의해 나타난다.

- (1) 중력
- (2) 전자기력 - 수직항력, 장력, 마찰력, 탄성력
- (3) 강한 핵력
- (4) 약한 핵력



■ 변리사 기출문제

개념 POINT

1. [2003년 변리사] 뉴턴 운동 제3법칙

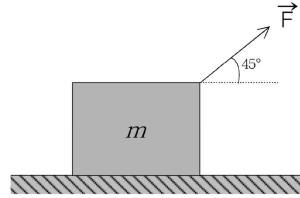
다음은 작용과 반작용의 관계에 대한 설명이다. 설명이 옳은 것을 모두 고른 것은?<sup>1)</sup>

- ㄱ. 물체의 무게에 대한 반작용은 수직항력이다.
- ㄴ. 배가 노를 저어 앞으로 나아가는 것은 작용 반작용으로 설명된다.
- ㄷ. 로켓이 가스를 분출하며 앞으로 추진하는 것은 작용 반작용으로 설명된다.
- ㄹ. 사람이 걸어갈 때 발이 지면을 뒤로 미는 힘에 대한 반작용은 지면이 발을 앞으로 미는 힘이다.

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

2. [2007년 변리사] 최대 정지 마찰력

질량이  $m$ 인 물체가 어떤 바닥에 정지해 있는데, 물체와 바닥 사이의 정지마찰계수는 0.5이다. 그림과 같이 수평면에서  $45^\circ$ 만큼 기울어진 방향으로 힘  $\vec{F}$ 를 가하여 이 물체를 끌어당기려고 한다. 물체를 움직이기 위해 필요한 최소한의 힘의 크기는 얼마인가? (중력 가속도는  $g$ 라 한다.)<sup>2)</sup>

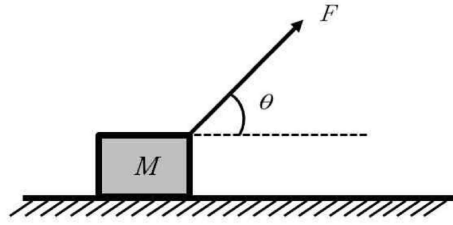


- ①  $\frac{1}{2}mg$       ②  $\frac{\sqrt{2}}{2}mg$       ③  $\frac{\sqrt{3}}{2}mg$       ④  $\frac{2}{3}mg$       ⑤  $\frac{\sqrt{2}}{3}mg$

개념 POINT

3. [2014년 변리사] 최대 정지 마찰력

그림은 수평면에 놓인 질량이  $M$ 인 물체를 수평면과 임의의 예각  $\theta$ 를 이루어 힘  $F$ 로 당기는 것을 나타낸 것이다.



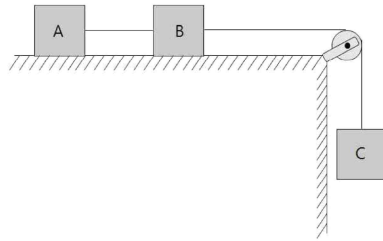
힘  $F$ 를 점점 증가시켜서  $F=Mg$ 일 때 물체가 움직이기 시작한다면, 이 때  $\theta$ 의 함수로 나타낸 정지마찰계수는? (단,  $g$ 는 중력가속도이다.)<sup>3)</sup>

- ①  $\cos\theta$       ②  $\sin\theta$       ③  $\cot\theta$       ④  $\frac{\cos\theta}{1-\sin\theta}$       ⑤  $\frac{\tan\theta}{1+\sin\theta}$

개념 POINT

4. [2015년 변리사] 마찰력/등속도 운동/등가속도 운동

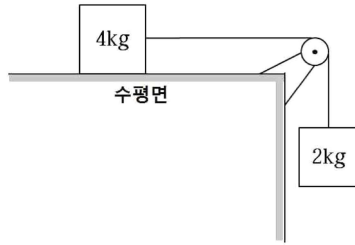
동일한 물체 A, B, C가 그림과 같이 줄로 도르래를 통해 연결되어 일정한 속력으로 움직인다. 물체와 수평면사이의 운동마찰계수는 일정하다. 어느 순간 물체 A와 B사이의 줄이 끊겨, 물체 B와 C만 연결되어 운동한다. 줄이 끊어진 후 물체 C의 가속도 크기는? (단, 줄의 질량, 공기 저항, 도르래의 관성 모멘트와 회전마찰력은 무시한다. 중력가속도는  $g$ 이다.)<sup>4)</sup>



개념 POINT

5. [2016년 변리사] 정지 마찰력

그림과 같이 질량이 4kg과 2kg인 물체가 도르래를 통해 실로 연결된 채 정지해 있다. 4kg인 물체와 수평면 사이의 마찰력의 크기는? (단, 중력 가속도의 크기는  $10\text{m/s}^2$ 이고, 도르래의 마찰과 실의 질량은 무시한다.)<sup>5)</sup>

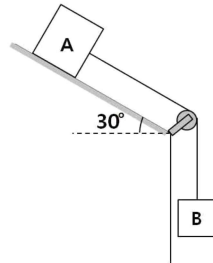


- ① 0N      ② 10N      ③ 20N      ④ 40N      ⑤ 60N

개념 POINT

6. [2017년 변리사] 마찰력/ 등속도 운동

그림과 같이 마찰이 있는 경사면에 놓인 물체 A가 도르래를 통해 실로 연결된 물체 B에 의해 등속 운동하고 있다. A와 B의 질량은 각각  $4m, m$ 이고 경사면이 수평면과 이루는 각은  $30^\circ$ 이다. 등속 운동하는 동안 경사면과 물체 A사이의 운동 마찰 계수는? (단, 물체 A는 정지하지 않고 있으며, A와 도르래 사이의 실은 경사면과 나란하며, 공기 저항, 실의 질량, 도르래 마찰은 무시한다.)<sup>6)</sup>



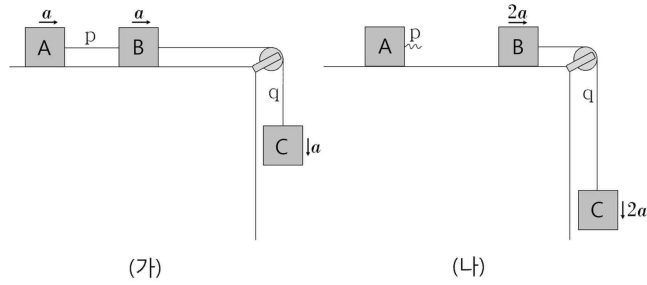
- ①  $\frac{1}{3}$       ②  $\frac{1}{2}$       ③  $\frac{1}{\sqrt{3}}$       ④  $\frac{1}{\sqrt{2}}$       ⑤  $\frac{\sqrt{3}}{2}$

개념 POINT



7. [2024년 변리사] 뉴턴 운동 제2법칙

그림 (가)와 같이 두 실 p, q로 연결된 물체 A, B, C가 도르래를 통하여 일정한 가속력  $a$ 로 운동하다가, (나)와 같이 어느 순간 p가 끊겨 B, C가  $2a$ 의 가속력으로 운동한다. A, C의 질량은 각각  $5m$ ,  $2m$ 이고, (가), (나)에서 q가 B에 작용하는 장력은 각각  $T_{(가)}$ ,  $T_{(나)}$ 이다.  $\frac{T_{(나)}}{T_{(가)}}$ 는? (단, 실의 질량과 모든 마찰은 무시한다.)<sup>7)</sup>

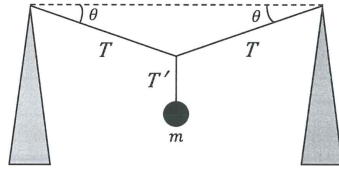


- ①  $\frac{1}{2}$       ②  $\frac{5}{8}$       ③  $\frac{3}{4}$       ④  $\frac{7}{8}$       ⑤ 1

개념 POINT

8. [2025년 변리사] 뉴턴 운동 제1법칙 - 힘의 평형

그림과 같이 두 개의 삼각기둥 꼭대기에 연결된 줄에 질량이  $m$ 인 물체가 매달려 수평 방향과  $\theta$ 의 각을 이루고 정지해 있다. 줄의 장력  $T$ 는? (단, 줄의 질량은 무시한다.)<sup>8)</sup>



①  $\frac{mg}{\sin\theta}$

②  $\frac{mg}{2\sin\theta}$

③  $\frac{mg}{\cos\theta}$

④  $\frac{mg}{2\cos\theta}$

⑤  $\frac{mg}{2\tan\theta}$

개념 POINT

■ 개념 확인 문제

개념 POINT

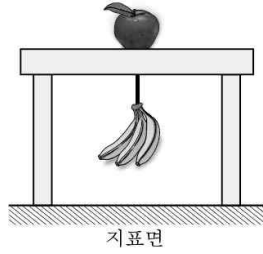
9. 그림과 같이 사람이 위에서 고정할 수 있는 철제 의자에 앉아 있다. 의자는 위쪽에 밧줄이 연결되어 있고 밧줄은 고정 도르래에 걸쳐 있다. 이 사람이 자신의 위치를 위아래로 변동 없이 그대로 유지하기 위해서는 도르래에 걸쳐 있는 밧줄을 얼마만큼 큰 힘으로 잡고 있어야 하는가? (단, 중력 가속도는  $10\text{m/s}^2$ 이고, 사람과 의자의 질량 총합은  $120\text{kg}$ 이며, 밧줄의 질량은 무시한다.)<sup>9)</sup>



- ① 300 N      ② 600 N      ③ 1200 N      ④ 1800 N      ⑤ 2400 N

10. 그림과 같이 책상 위에 사과가 놓여 있고, 바나나는 책상 밑에 실로 묶여 있다. <보기>에서 제시된 힘들의 크기를 바르게 비교한 것은? (단, 책상, 바나나, 사과의 질량의 크기를 비교하면,  $m_{\text{사과}} < m_{\text{바나나}} < m_{\text{책상}}$ 이며, 실의 질량은 무시한다.)<sup>10)</sup>

개념 POINT



<보 기>

$F_1$ : 책상이 사과를 위로 밀어올리는 힘

$F_2$ : 바나나에 작용하는 중력

$F_3$ : 실이 책상을 잡아당기는 힘

- ①  $F_1 < F_2 < F_3$       ②  $F_1 < F_2 = F_3$       ③  $F_2 < F_1 = F_3$   
 ④  $F_1 = F_3 < F_2$       ⑤  $F_3 < F_1 < F_2$

11. 그림 (가)는 저울 위에 놓인 물체 A, B가 정지해 있는 모습을, (나)는 (가)의 A에 크기가  $F$ 인 힘을 연직 방향으로 가할 때 A, B가 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다. 저울에 측정된 힘의 크기는 (나)에서가 (가)에서의 2배이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?<sup>11)</sup>

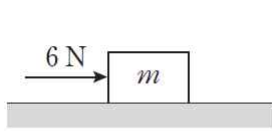
<보 기>

- ㄱ. (가)에서 A에 작용하는 중력과 B가 A에 작용하는 힘은 작용 반작용 관계이다.
- ㄴ. (나)에서 B가 A에 작용하는 힘의 크기는  $F$ 보다 크다.
- ㄷ. (나)의 저울에 측정된 힘의 크기는  $3F$ 이다.

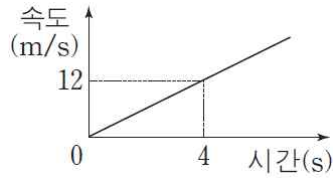
- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

개념 POINT

12. 그림 (가)는 마찰이 없는 수평면에서 질량  $m$ 인 물체에 크기가  $6\text{N}$ 인 힘이 수평 방향으로 작용하는 모습을, (나)는 (가)의 물체의 속도를 시간에 따라 나타낸 것이다.



(가)



(나)

0초에서 4초까지 물체의 운동에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?<sup>12)</sup>

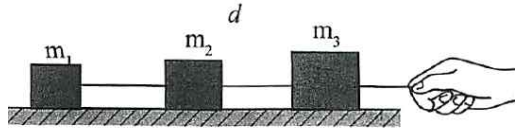
<보 기>

- ㄱ. 이동 거리는  $24\text{m}$ 이다.
- ㄴ. 가속도의 크기는  $2\text{m/s}^2$ 이다.
- ㄷ.  $m = 3\text{kg}$ 이다.

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

개념 POINT

13. 그림과 같이 테이블 위에 세 블록이 끈으로 연결되어 있고 오른쪽에서 50 N의 일정한 힘으로 끌고 있다. 이때  $m_2$ 에 걸리는 장력의 합은 얼마인가? 블록의 질량은  $m_1 = 10\text{ kg}$ ,  $m_2 = 20\text{ kg}$ ,  $m_3 = 20\text{ kg}$ 이다. (테이블 표면과 블록들 사이에는 마찰력이 없으며, 끈의 질량은 무시할 수 있다고 가정하라.)<sup>13)</sup>

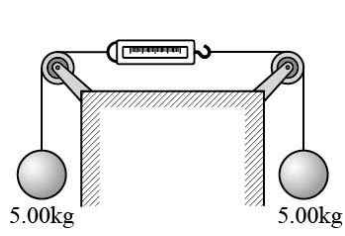


- ① 10 N      ② 20 N      ③ 30 N      ④ 40 N      ⑤ 50 N

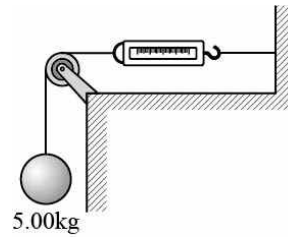
개념 POINT

14. 그림은 모두 평형 상태에 있다. 저울의 눈금이 모두 N단위로 되어있다면 이들은 각각 어떤 눈금을 나타내고 있을까? (단, 모든 경우에 도르래의 질량, 줄의 질량, 마찰은 무시할 수 있다.)<sup>14)</sup>

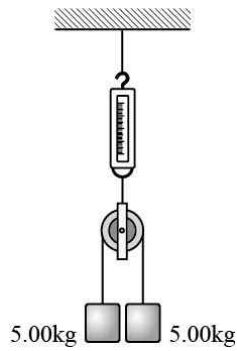
개념 POINT



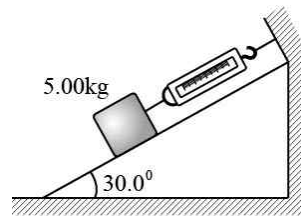
(a)



(b)



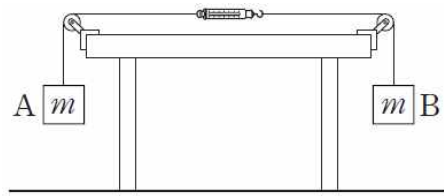
(c)



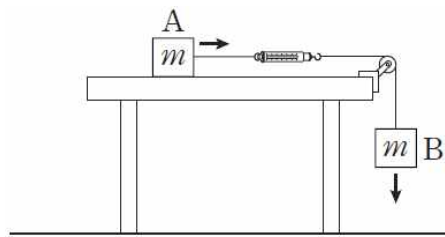
(d)



15. 그림 (가)는 물체 A와 B가 용수철 저울과 실로 연결되어 정지해 있는 모습을, (나)는 수평한 책상면 위에 놓인 A가 B와 용수철 저울과 실로 연결되어 등가속도 운동을 하는 모습을 나타낸 것이다. A, B의 질량은 각각  $m$ 이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는  $g$ 이고, 실과 용수철저울의 질량, 마찰과 공기 저항은 무시한다.)<sup>15)</sup>

<보 기>

ㄱ. (가)에서 용수철 저울로 측정한 힘의 크기는  $2mg$ 이다.

ㄴ. (나)에서 A의 가속도의 크기는  $\frac{1}{2}g$ 이다.

ㄷ. (나)에서 용수철 저울로 측정한 힘의 크기는  $\frac{1}{2}mg$ 이다.

① ㄱ

② ㄴ

③ ㄱ, ㄷ

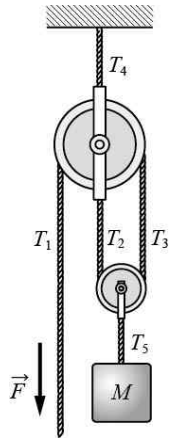
④ ㄴ, ㄷ

⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

개념 POINT

16. 질량  $M$ 인 물체가 아래 그림과 같이 두 개의 도르래로 만들어진 장치에 매달려 있고 이 장치에 힘  $\vec{F}$ 가 작용하고 있다. 이 장치에 사용된 도르래들은 질량이 없고 마찰도 없다.<sup>16)</sup>

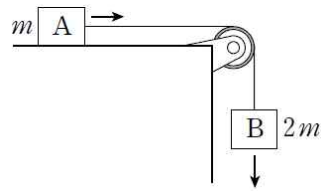
개념 POINT



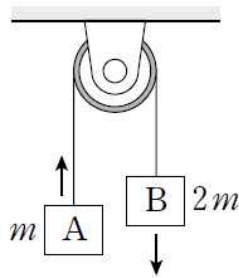
- (a) 각 줄에 걸리는 장력  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_4$ ,  $T_5$ 와  
(b)  $\vec{F}$ 의 크기를 구하여라.

17. 그림 (가), (나)와 같이 물체 A, B가 실로 연결되어 각각 등가속도 운동을 하고 있다. A, B의 질량은 각각  $m$ ,  $2m$ 이고, (가)에서 A는 마찰이 없는 수평면에서 운동한다.<sup>17)</sup>

개념 POINT



(가)



(나)

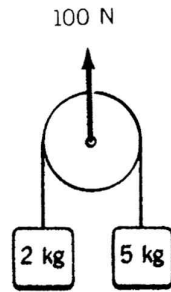
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는  $g$ 이고, 실의 질량, 도르래의 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

—<보 기>—

- ㄱ. A의 가속도의 크기는 (가)에서가 (나)에서의 2배이다.  
 ㄴ. B가 받는 알짜힘의 크기는 (가)에서가 (나)에서의 2배이다.  
 ㄷ. (가)에서 실이 B를 당기는 힘의 크기는  $2mg$ 이다.

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

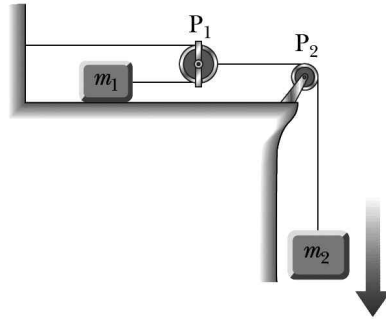
18. 질량이 각각  $m_1 = 2\text{kg}$  과  $m_2 = 5\text{kg}$  인 두 토막이 가벼운 도르래에 걸쳐져 그림과 같이 달려 있다. 도르래 축에  $F_0 = 100\text{N}$ 의 힘이 작용하여 전체 계를 위로 가속시킨다. 다음을 구하라. (중력 가속도는  $g = 9.8\text{m/s}^2$ 이다.)<sup>18)</sup>



- (a) 각 토막들의 가속도
- (b) 줄의 장력

개념 POINT

19. 그림과 같이 마찰이 없는 수평면상의 물체  $m_1$ 이 고정 도르래  $P_2$ 와 움직 도르래  $P_1$ 에 의해  $m_2$ 와 연결되어 있다. 두 도르래의 질량은 무시한다. 두 물체의 가속도  $a_1, a_2$ 를 구하라. 중력 가속도는  $g$ 이다.<sup>19)</sup>

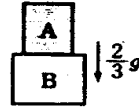


개념 POINT

20. 질량이 각각  $m$ ,  $M$  인 두 물체 A, B가 다음과 같이 붙어 있다.<sup>20)</sup>



(가)



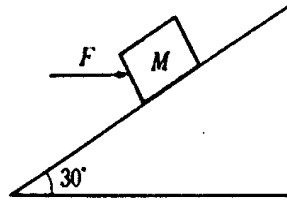
(나)

(1) 그림 (가)와 같이 마찰이 없는 수평면에서 두 물체를 힘  $F$ 로 밀면 A가 B로부터 받는 반작용은 얼마인가?

(2) 그림 (나)와 같이 두 물체가 연직 아래로 가속도  $\frac{2}{3}g$ 로 등가속도 운동을 하고 있다면, A가 B로부터 받는 반작용은 얼마인가? (단,  $g$ 는 중력 가속도이다.)

개념 POINT

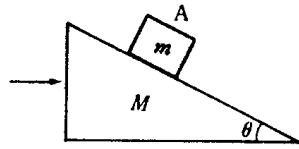
21. 그림과 같이 기울기가  $30^\circ$  이고, 마찰이 없는 빗면에 놓여 있는 질량  $M$  인 물체를 일정한 힘  $F$  로 밀었더니 물체의 가속도가  $a$  이었다. 힘  $F$  는 얼마인가? (단, 중력 가속도는  $g$  이다.)<sup>21)</sup>



개념 POINT

22. 다음 그림과 같이 질량이  $M$ 이고 경사각  $\theta$ 인 매끄러운 빗면 위에 질량이  $m$ 인 물체 A가 미끄러지지 않도록 빗면을 수평 방향으로 밀었다(단, 중력 가속도는  $g$ 이다).<sup>22)</sup>

개념 POINT

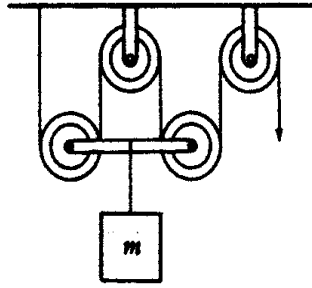


(1) 빗면을 민 힘을 구하라.

(2) 물체의 가속도를 구하라.



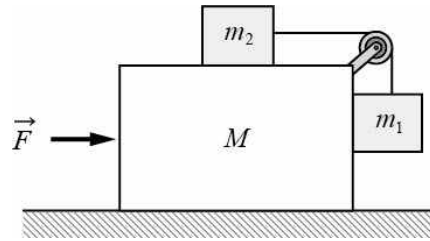
23. 그림과 같이 질량을 무시할 수 있는 가벼운 움직이는 도르래 2개와 고정 도르래 2개를 이용하여 질량  $m$ 인 물체를 끌어올린다. (단, 중력 가속도는  $g$ 이다.)<sup>23)</sup>



- (1) 물체를 등속도로 끌어올리는 데 드는 힘을 구하라.
- (2) 물체를 가속도  $a$  로 끌어올리는 데 드는 힘을 구하라.

개념 POINT

24. 아래 그림과 같이 두 물체가 상대적으로 정지상태를 유지하기 위해 질량  $M$ 인 큰 물체에 가해야 하는 수평력을 구하라. 이때 각 표면과 도르래는 마찰이 없다고 가정한다. 줄이 작용하는 힘이  $m_2$ 를 가속시킴에 주목하라.<sup>24)</sup>



개념 POINT

■ 정답과 해설

개념 POINT

1)

[정답] ②

[해설]

문제 분석: 작용 반작용 법칙(뉴턴 제3법칙)은 한 물체가 다른 물체에 힘을 가하면, 동시에 다른 물체도 그 물체에 크기가 같고 방향이 반대인 힘을 가한다는 법칙입니다.

ㄱ. 물체의 무게에 대한 반작용은 수직항력이다. (X)

설명: '무게'는 지구가 물체를 당기는 힘입니다. 따라서 그 반작용은 물체가 지구를 당기는 힘입니다. 수직항력은 바닥이 물체를 떠받치는 힘으로, 무게와 평형 관계에 있을 수 있으나 작용 반작용 관계는 아닙니다.

ㄴ. 배가 노를 저어 앞으로 나아가는 것은 작용 반작용으로 설명된다. (O)

설명: 노가 물을 뒤로 미는 힘(작용)에 대해 물이 노를 앞으로 미는 힘(반작용)이 발생하여 배가 앞으로 나아갑니다.

ㄷ. 로켓이 가스를 분출하며 앞으로 추진하는 것은 작용 반작용으로 설명된다. (O)

설명: 로켓이 가스를 뒤로 밀어내는 힘(작용)에 대해 가스가 로켓을 앞으로 미는 힘(반작용)으로 추진력을 얻습니다.

ㄹ. 사람이 걸어갈 때 발이 지면을 뒤로 미는 힘에 대한 반작용은 지면이 발을 앞으로 미는 힘이다. (O)

설명: 전형적인 작용 반작용의 예시입니다.

2)

[정답] ⑤

[해설]

물체가 움직이기 시작하는 '임계 상태'는 수평 방향의 외력( $F_x$ )이 최대 정지 마찰력( $f_{\max}$ )과 같아지는 순간입니다.

1. 힘의 성분 분해

외력  $F$ 를 수평( $x$ )과 수직( $y$ ) 성분으로 나눕니다. ( $45^\circ$  이므로  $\sin 45^\circ = \cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}$ )

$$F_x = F \cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2} F, \quad F_y = F \sin 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2} F$$

2. 수직항력( $N$ ) 계산

연직 방향의 힘의 평형 ( $N + F_y = mg$ )를 이용합니다.

$$N = mg - F_y = mg - \frac{\sqrt{2}}{2} F$$

3. 평형 방정식 세우기

( $F_x = \mu N$ ) 문제에서 정지마찰계수  $\mu = 0.5 = \frac{1}{2}$  이므로:

$$\frac{\sqrt{2}}{2} F = \frac{1}{2} \left( mg - \frac{\sqrt{2}}{2} F \right)$$

4.  $F$ 에 대해 정리하기

양변에 2를 곱하여 분모를 정리합니다.

$$\sqrt{2}F + \frac{\sqrt{2}}{2}F = mg, \quad 3\frac{\sqrt{2}}{2}F = mg$$

$$F = \frac{\sqrt{2}}{3}mg$$

3)

[정답] ④

[해설]

물체가 막 움직이기 시작하는 순간은 '수평 방향의 외력'과 '최대 정지 마찰력'이 평형을 이룰 때입니다.

1. 힘의 성분 분해

당기는 힘  $F(=Mg)$ 를 수평과 수직 성분으로 나눕니다.

수평 성분:  $F_x = F\cos\theta = Mg\cos\theta$

수직 성분:  $F_y = F\sin\theta = Mg\sin\theta$

2. 수직항력(N) 구하기

연직 방향의 힘의 평형에 의해 (수직항력 + 힘의 수직 성분 = 중력)입니다.

$$N + F\sin\theta = Mg \quad \text{에서} \quad N = Mg - Mg\sin\theta = Mg(1 - \sin\theta)$$

3. 마찰력과 수평력의 평형

물체가 움직이기 시작하는 순간, 수평 힘  $F_x$ 는 최대 정지 마찰력  $f_{\max} = \mu N$ 과 같습니다.

$$Mg\cos\theta = \mu Mg(1 - \sin\theta)$$

4. 정지마찰계수( $\mu$ ) 계산

양변에서  $Mg$ 를 소거하고  $\mu$ 에 대해 정리합니다.

$$\cos\theta = \mu(1 - \sin\theta) \quad , \quad \mu = \frac{\cos\theta}{1 - \sin\theta}$$

4)

[정답] ②

[해설]

각 물체의 질량을  $m$ , 운동마찰계수를  $\mu$ 라고 가정합니다.

1. 줄이 끊어지기 전 (등속 운동 상황)

물체계가 일정한 속력으로 움직인다는 것은 합력이 0이라는 뜻입니다.

물체계를 움직이는 힘: 물체 C의 중력 ( $mg$ )

방해하는 힘: 물체 A와 B의 운동 마찰력 합 ( $2 \cdot \mu mg$ )

평형 식:  $mg = 2\mu mg \rightarrow \mu = \frac{1}{2}$ 임을 알 수 있습니다.

2. 줄이 끊어진 후 (가속 운동 상황)

A가 떨어져 나가고 B와 C만 남았을 때의 새로운 가속도  $a$ 를 구합니다.

물체계 전체 질량:  $m + m = 2m$

알짜힘 계산 (F): (C의 중력) - (B의 운동 마찰력)

$$F = mg - \mu mg = mg - \frac{1}{2}mg = \frac{1}{2}mg$$

운동 방정식 적용 ( $F = ma$ ):

$$\frac{1}{2}mg = (2m) \cdot a \quad \text{에서} \quad a = \frac{1}{4}g$$

5)

[정답] ③

[해설]

이 문제는 물체가 '정지'해 있다는 상태를 통해 힘의 평형 관계를 파악하는 것이 핵심입니다.

1. 매달려 있는 물체 (2kg) 분석

물체가 정지해 있으므로 아래로 당기는 중력과 위로 당기는 실의 장력( $T$ )이 평형을 이룹니다.

$$\text{중력 } F_g = m \cdot g = 2\text{kg} \times 10\text{m/s}^2 = 20\text{N}$$

따라서 실의 장력  $T = 20\text{N}$ 입니다.

2. 수평면 위의 물체 (4kg) 분석

이 물체 역시 정지해 있으므로 수평 방향으로 작용하는 힘들의 합이 0이어야 합니다.

오른쪽 방향: 실이 물체를 당기는 힘(장력  $T = 20\text{N}$ )

왼쪽 방향: 수평면과 물체 사이의 마찰력( $f$ )

힘의 평형에 의해:  $f = T = 20\text{N}$

6)

[정답] ⑤

[해설]

물체 A가 '등속 운동'을 한다는 것은 시스템에 작용하는 알짜힘이 0임을 의미합니다.

1. 각 물체에 작용하는 힘 분석

물체 B:

아래로 중력  $mg$ 가 작용하고, 위로 실의 장력  $T$ 가 작용합니다. 등속 운동이므로  $T = mg$ 입니다.

물체 A:

$$\text{경사면 아래 방향 중력 성분: } 4mg \sin 30^\circ = 4mg \times \frac{1}{2} = 2mg$$

실의 장력(아래쪽):  $T = mg$

$$\text{수직항력: } N = 4mg \cos 30^\circ = 4mg \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 2\sqrt{3}mg$$

$$\text{운동 마찰력: } f = \mu N = \mu(2\sqrt{3}mg)$$

2. 운동 방향 확인

A의 중력 성분( $2mg$ )이 B의 중력( $mg$ )보다 크기 때문에, 물체 A는 경사면 아래 방향으로 운동하고 있습니다. 따라서 마찰력  $f$ 는 운동 반대 방향인 경사면 위쪽으로 작용합니다.

3. 평형 방정식 세우기

$$\text{경사면 아래로 작용하는 힘} = \text{경사면 위로 작용하는 힘에서 } 2mg + T = f$$

개념 POINT

$$2mg + mg = \mu(2\sqrt{3}mg)$$

4. 마찰 계수( $\mu$ ) 계산

$$3mg = \mu(2\sqrt{3}mg) \text{ 에서 } \mu = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

7)

[정답] ③

[해설]

상황(가)에서  $m_Cg = (m_A + m_B + m_C)a$ 이고  $2mg = (5m + m_B + 2m)a$ 에서  $a = \frac{2m}{7m + m_B}g$ 이다.

이때 C의 운동방정식은  $m_Cg - T_{(가)} = m_Ca$ 에서  $T_{(가)} = 2m(g - a)$ 이다.

상황(나)에서  $m_Cg = (m_B + m_C) \cdot 2a$ 이고  $2mg = (m_B + 2m) \cdot 2a$ 에서  $a = \frac{m}{2m + m_B}g$ 이다.

따라서  $a = \frac{2m}{7m + m_B}g = \frac{m}{2m + m_B}g$ 이므로  $m_B = 3m$ 이다.

이때  $a = \frac{1}{5}g$ 이고  $T_{(가)} = 2m(g - a) = \frac{8}{5}mg$

이때 C의 운동방정식은  $m_Cg - T_{(나)} = m_C2a$ 에서  $T_{(나)} = m_C(g - 2a) = \frac{6}{5}mg$ 이다.

따라서  $\frac{T_{(나)}}{T_{(가)}} = \frac{\frac{6}{5}mg}{\frac{8}{5}mg} = \frac{3}{4}$ 이다.

8)

[정답] ②

[해설]

문제 분석: 질량  $m$ 인 물체가 정지해 있으므로 알짜힘은 0입니다. 물체에 작용하는 중력( $mg$ )과 두 줄의 장력( $T$ )의 수직 성분의 합이 평형을 이루어야 합니다.

중력: 아래 방향으로  $mg$

장력의 수직 성분: 각 줄의 장력  $T$ 를 수직 성분으로 분해하면  $T\sin\theta$ 입니다. 줄이 두 개이므로 위쪽 방향으로 작용하는 총 힘은  $2T\sin\theta$ 입니다.

평형 방정식 :  $2T\sin\theta - mg = 0, \therefore T = \frac{mg}{2\sin\theta}$

9)

[정답] ② 600 N

[풀이]

줄의 장력을  $T$ 라고 하면

사람과 의자 전체의 힘의 평형에 의해

$$2T = W$$

따라서  $T = \frac{1}{2}W = \frac{1}{2} \times (120\text{ kg})(10\text{ m/s}^2) = 600\text{ N}$

개념 POINT

10)

[정답] ②  $F_1 < F_2 = F_3$

[풀이] 사과에 대한 힘의 평형에 의해 “책상이 사과를 위로 밀어올리는 힘”과 사과의 무게가 평형이다.

$$F_1 = m_{\text{사과}}g$$

바나나에 작용하는 중력은 다음과 같다.

$$F_2 = m_{\text{바나나}}g$$

실이 책상을 잡아당기는 힘은 바나나에 달려 있는 줄의 장력이며 바나나의 힘의 평형에 의해

$$F_3 = m_{\text{바나나}}g$$

이다.

$m_{\text{사과}} < m_{\text{바나나}} < m_{\text{책상}}$ 이므로  $F_1 < F_2 = F_3$ 이다.

11)

[정답] ② ㄴ

[풀이]

ㄱ. 작용과 반작용은 항상 쌍으로 작용하며, 크기가 같고 방향은 반대이다. 따라서 (가)에서 B가 A에 작용하는 힘을 작용이라고 하면 A가 B에 작용하는 힘이 반작용이다. (X)

ㄴ. (나)에서 A가 B에 작용하는 힘의 크기는 A의 중력의 크기에  $F$ 가 더해진 힘의 크기이다. 또한 A가 B에 작용하는 힘은 B가 A에 작용하는 힘과 작용 반작용 관계이므로 B가 A에 작용하는 힘의 크기는  $F$ 보다 크다. (O)

ㄷ. (가)에서 저울에 측정된 힘의 크기는 A의 중력의 크기와 B의 중력의 크기의 합이고, (나)에서 저울에 측정된 힘의 크기는 A의 중력의 크기와 B의 중력의 크기의 합에  $F$ 가 더해진 힘의 크기이다. 저울에 측정된 힘의 크기는 (나)에서가 (가)에서의 2배이므로  $F$ 는 A의 중력의 크기와 B의 중력의 크기의 합과 같다. 따라서 (나)의 저울에 측정된 힘의 크기는  $2F$ 이다. (X)

12)

[정답] ① ㄱ

[풀이] ㄱ. 이동거리는 속도 시간 그래프의 단면적이다.

$$s = \frac{1}{2}(12\text{m/s})(4\text{s}) = 24\text{m} \quad (\text{O})$$

ㄴ. 가속도는 속도 시간 그래프의 기울기 이다.

$$a = \frac{12\text{m/s}}{4\text{s}} = 3\text{m/s}^2 \quad (\text{X})$$

$$\text{ㄷ. 질량은 } m = \frac{F}{a} = \frac{6\text{N}}{3\text{m/s}^2} = 2\text{kg} \quad (\text{X})$$

13)

[정답] ② 20 N

[풀이]

세 물체가 같은 가속도로 움직이므로

$$a = \frac{F}{m_1 + m_2 + m_3}$$

$m_2$ 인 물체가 받는 장력의 합은 알짜힘이 되므로

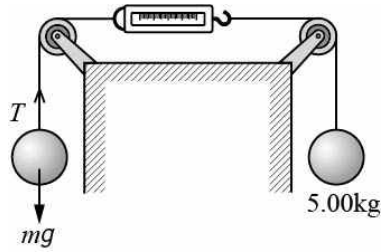
$$F_{2,\text{net}} = m_2 a = \frac{m_2}{m_1 + m_2 + m_3} F = \frac{20}{10 + 20 + 20} \times (50\text{N})$$

$$= 20\text{N}$$

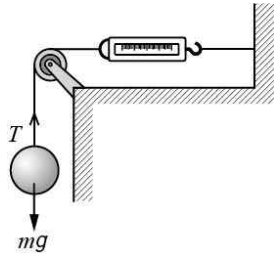
14)

[정답] (a) 49.0N (b) 49.0N (c) 98.0N (d) 24.5N

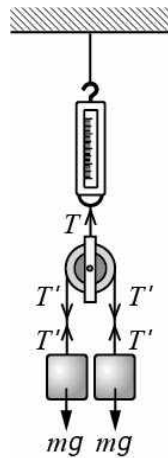
[풀이] (a) 그림에서 줄의 장력은  $T = mg = 49.0\text{N}$



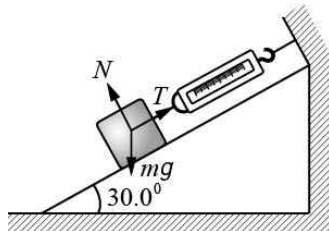
(b) 그림에서 줄의 장력은  $T = mg = 49.0\text{N}$



(c) 다음 그림에서  $T = 2T' = 2mg = 98.0\text{N}$



(d) 다음 그림에서  $T = mg \sin 30.0^\circ = \frac{1}{2}mg = 24.5\text{N}$



15)

[정답] ④ ㄴ, ㄷ

[풀이]

ㄱ. (가)에서 용수철에 걸리는 장력이  $T = mg$ 이다. 따라서 측정한 힘은  $mg$ 이다. (X)

ㄴ. (나)가속도의 크기를  $a$ 라 하면  $a = \frac{mg}{m+m} = \frac{1}{2}g$ 이다. (O)

ㄷ. (나)에서 용수철 저울로 측정한 힘의 크기는  $T = ma = \frac{1}{2}mg$ 이다. (O)



16)

[정답] (a)  $T_1 = T_2 = T_3 = \frac{1}{2}Mg$ ,  $T_4 = \frac{3}{2}Mg$ ,  $T_5 = Mg$  (b)  $\frac{1}{2}Mg$

[풀이]  $F = T_1 = T_2 = T_3$ 이고 움직도르래에 대한 힘평형에서

$$T_2 + T_3 = T_5 = Mg$$

$$\Rightarrow F = T_1 = T_2 = T_3 = \frac{1}{2}Mg$$

고정 도르래에 대한 힘 평형에서

$$T_4 = T_1 + T_2 + T_3 = \frac{3}{2}Mg$$

17)

[정답] ③ ㄱ, ㄴ

[풀이]

ㄱ. (가)에서 가속도는  $a_1 = \frac{2mg}{m+2m} = \frac{2}{3}g$ 이며 (나)에서 가속도는  $a_2 = \frac{2mg-mg}{m+2m} = \frac{1}{3}g$ 이므로

2배이다. (O)

ㄴ.  $F_{\text{알짜}} = m_B a$ 에서 같은 질량의 물체가 가속도가 2배이므로 알짜힘도 2배이다. (O)

ㄷ. (가)에서의 장력을  $T_1$ 이라 하자.  $m$ 인 물체의 운동방정식을 이용하면  $T_1 = ma_1 = \frac{2mg}{3}$ 이다. (X)

18)

[정답] (a) 2kg:  $15.2\text{m/s}^2$ (위), 5kg :  $0.2\text{m/s}^2$ (위)

(b) 50N

[풀이]

(a) (b) 줄의 장력은  $T = \frac{F_0}{2} = 50\text{N}$ 이다.

각각의 물체의 운동방정식은  $T - mg = ma$ 가 되어서

$$a = \frac{F_0}{2m} - g$$

이다.

$$a_1 = \frac{100\text{N}}{2(2\text{kg})} - 9.8\text{m/s}^2 = 15.2\text{m/s}^2$$

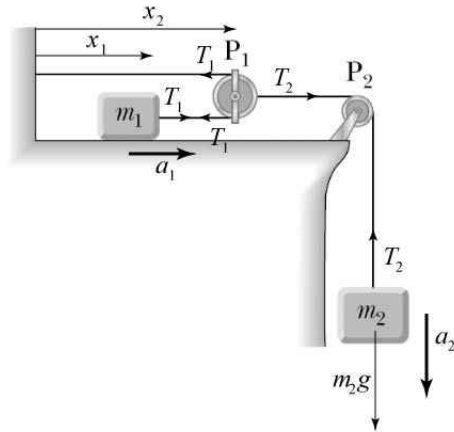
$$a_2 = \frac{100\text{N}}{2(5\text{kg})} - 9.8\text{m/s}^2 = 0.2\text{m/s}^2$$

예제 19)

[정답]  $a_1 = \frac{2m_2}{4m_1 + m_2}g = 2a_2$

[풀이] 각 물체에 작용하는 힘을 표시하면 다음 그림과 같다.

개념 POINT



도르래  $P_1$ 을 감은 줄의 길이는

$$l = x_2 + (x_2 - x_1) = 2x_2 - x_1 = (\text{일정})$$

양변을 시간  $t$ 로 두 번 미분하면

$$2\ddot{x}_2 - \ddot{x}_1 = 0 \Rightarrow a_1 = 2a_2$$

각 물체의 운동 방정식

$$m_1 : m_1 a_1 = T_1$$

$$\text{도르래 } P_1 : 0 \times a_2 = T_2 - 2T_1$$

$$m_2 : m_2 a_2 = m_2 g - T_2$$

식들을 연립하여 풀면

$$a_1 = \frac{2m_2}{4m_1 + m_2} g = 2a_2$$

20)

$$[\text{정답}] (1) \frac{M}{m+M} F \quad (2) \frac{1}{3} mg$$

[풀이] A가 받는 반작용은 B가 받는 힘과 크기가 같다.

$$(1) a = \frac{F}{m+M} = \frac{F_B}{M} \quad \therefore F_B = \frac{M}{m+M} F$$

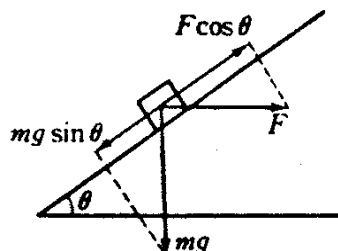
$$(2) F_B = m(g - \frac{2}{3}g) = \frac{1}{3}mg$$

21)

$$[\text{정답}] \frac{\sqrt{3}}{3} M(g+2a)$$

[풀이] 물체에 작용하는 힘과 빗면에 평행한 중력 성분이 운동에 작용하는 힘이므로  $F \cos \theta - Mg \sin \theta = Ma$

$$F \cos 30^\circ - Mg \sin 30^\circ = Ma \quad \therefore F = \frac{\sqrt{3}}{3} M(g+2a)$$



22)

[정답] (1)  $(M+m)g \tan \theta$  (2)  $g \tan \theta$

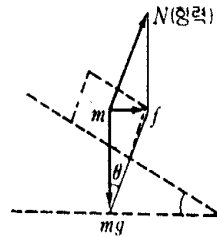
[풀이]

(1) 빗면을 민 힘을  $F$ , A에 작용한 힘을  $f$ , 가속도를  $a$ 라고 하면

$$F = (M+m)a, f = ma \text{ 에서 } f = m \frac{F}{(M+m)} \dots\dots\dots ①$$

$$\text{그림에서 } \tan \theta = \frac{f}{mg} \dots\dots\dots ②$$

$$\text{위의 식 ①, ②에서 } mg \tan \theta = m \frac{F}{(M+m)} \therefore F = (M+m)g \tan \theta$$



$$(2) F = (M+m)a = (M+m)g \tan \theta \text{ 에서 } a = g \tan \theta$$

23)

[정답] (1)  $\frac{1}{4}mg$  (2)  $\frac{1}{4}m(g+a)$

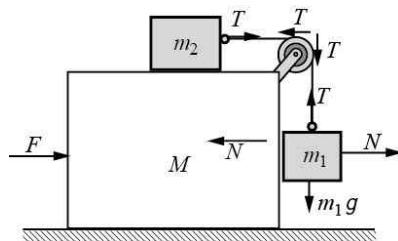
[풀이] 물체를 4개의 줄이 잡아당기므로  $mg = 4T \therefore F = T = \frac{1}{4}mg$

$$(2) 4T = mg + ma \therefore F = T = \frac{1}{4}m(g+a)$$

24)

[정답]  $\frac{(M+m_1+m_2)m_1}{m_2}g$

[풀이]



계 전체의 가속도를  $a$ 라 하면

$$F = (M+m_1+m_2)a \Rightarrow a = \frac{F}{M+m_1+m_2}$$

$m_2$ 의 운동 방정식에서

$$T = m_2a = \frac{m_2}{M+m_1+m_2}F$$

$m_1$ 의 연직 힘평형에서

$$T = m_1g \Rightarrow \frac{m_2}{M+m_1+m_2}F = m_1g$$

$$F = \frac{(M+m_1+m_2)m_1}{m_2}g$$