

단원명	I. 역학적 상호작용 (1) 힘과 운동 1. 힘의 합성과 분해
-----	------------------------------------

성취기준	[12물리II01-01] 평면 상에서 여러 가지 힘이 합성될 때 힘의 벡터를 이용하여 알짜힘을 구할 수 있다.
------	---------------------------------------------------------------

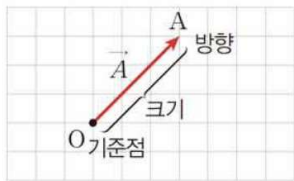
◎ 벡터

1. 스칼라량과 벡터량

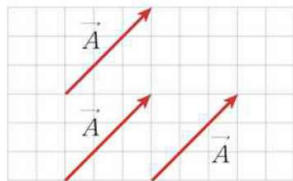
구분	① 스칼라량	② 벡터량
정의	크기만 가지는 물리량	크기와 방향을 가지는 물리량
예	시간, 질량, 온도, 이동 거리, 속력, 일, 에너지 등	변위, 속도, 가속도, 힘, 운동량, 충격량 등

2. 벡터

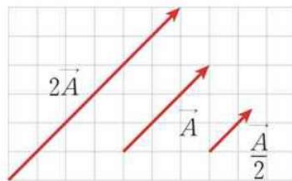
- ① 벡터의 표시: 화살표의 방향이 벡터의 ③ 방향 이고, 화살표의 길이가 벡터의 ④ 크기를 나타낸다.
- ② 벡터의 이동: 벡터를 평행 이동시키더라도 벡터의 방향과 크기는 변하지 않는다.
- ③ 벡터의 크기: 벡터의 크기를 2 배, $\frac{1}{2}$ 배 등으로 변화시킬 수 있다.



▲ 벡터의 표시



▲ 벡터의 평행 이동



▲ 벡터의 크기

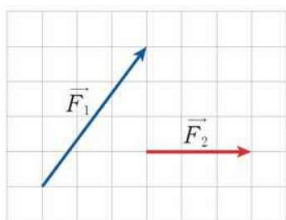
◎ 힘의 합성

1. 두 힘이 나란하게 작용할 때

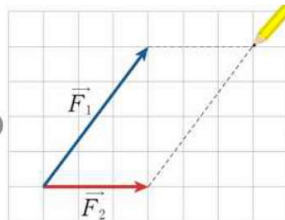
구분	같은 방향으로 작용할 때	반대 방향으로 작용할 때
합력의 크기	두 힘의 크기를 더한 것 $\rightarrow F = F_1 + F_2$	큰 힘에서 작은 힘의 크기를 뺀 것 $\rightarrow F = F_1 - F_2 (F_1 > F_2)$
합력의 방향	⑤ 두 힘의 방향 $\rightarrow F_1, F_2$ 의 방향	⑥ 큰 힘의 방향 $\rightarrow F_1$ 의 방향

2. 두 힘이 나란하지 않게 작용할 때: 두 힘을 나타내는 화살표를 평행 이동시켜

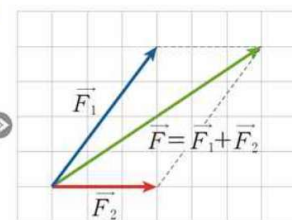
⑦ **평행 사변형** 을 그리면 대각선이 합력을 나타낸다.



① F_2 를 평행 이동시켜 F_1 과 화살표의 꼬리를 일치시킨다.



② 두 힘 F_1 과 F_2 의 화살표 끝에서 다른 힘과 평행한 직선을 긋는다.



③ 두 직선을 그어 만든 평행사변형의 대각선을 화살표로 나타낸다.

확인 1 다음에 해당하는 물리량을 <보기>에서 모두 골라 써 보자.

<보기>	
ㄱ. 힘	ㄴ. 일
ㄷ. 속력	ㄹ. 속도
ㄴ. 변위	ㅁ. 이동 거리

- (1) 스칼라량 (ㄴ, ㄷ, ㅁ)
- (2) 벡터량 (ㄱ, ㄹ, ㄴ)

확인 2 벡터에 대한 설명으로 옳은 것은 O, 옳지 않은 것은 X표 하시오.

- (1) 벡터는 크기만 나타내는 물리량이다. (X)
- (2) 화살표의 길이가 벡터의 크기를 나타낸다. (O)
- (3) 벡터를 이용하여 물체에 작용하는 힘을 합성할 수는 있지만 분해할 수는 없다. (X)

확인 3 그림과 같이 한 물체에 두 힘이 작용할 때 합력의 크기와 방향을 써 보자.



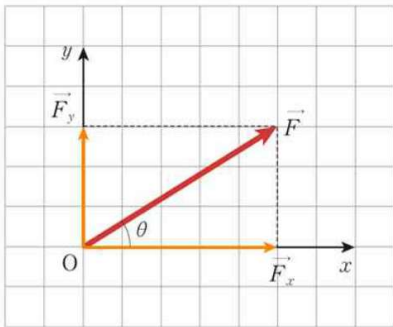
8N 오른쪽



◎ 힘의 분해

1. ⑧ **분해** : 하나의 힘을 두 개의 힘으로 나누는 것

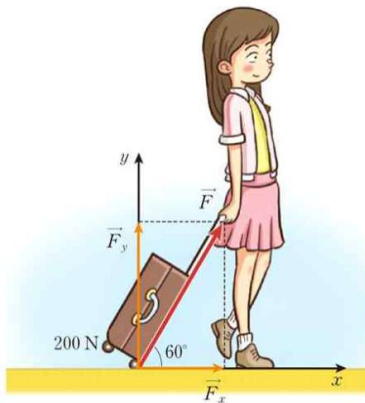
- ① 한 개의 벡터와 같은 효과를 내는 두 개 이상의 벡터로 나누는 것
- ② 힘을 분해하는 방향은 임의로 정할 수 있으나 일반적으로 **⑩ 직각 (수직)** 방향의 두 힘으로 분해한다.
- ③ 한 힘의 벡터 \vec{F} 를 x 방향 성분 F_x 와 y 방향 성분 F_y 로 분해할 수 있다.



• x 방향의 힘: $F_x = F \cos \theta$

• y 방향의 힘: $F_y = F \sin \theta$

④ 여행 가방을 끌 때 힘의 분해



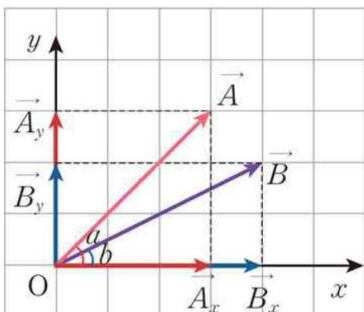
• x 방향의 힘: $F_x = F \cos \theta$

$= 200 \text{ N} \times \cos 60^\circ = 100 \text{ N}$

• y 방향의 힘: $F_y = F \sin \theta$

$= 200 \text{ N} \times \sin 60^\circ = 100\sqrt{3} \text{ N}$

2. 두 힘의 성분별 합성: 벡터 \vec{A} , \vec{B} 가 x 축과 이루는 각도를 각각 a , b 라면 각 성분 벡터는 다음과 같다.



① 수평 성분과 수직 성분 벡터

• x 성분: $\vec{A}_x + \vec{B}_x$ • y 성분: $\vec{A}_y + \vec{B}_y$

② 합성 벡터의 크기:

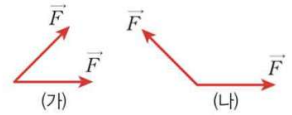
$\sqrt{(A_x + B_x)^2 + (A_y + B_y)^2}$

③ 각 성분 벡터의 크기:

• $A_x = A \cos a$, $A_y = A \sin a$

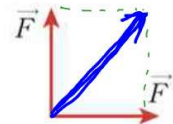
• $B_x = B \cos b$, $B_y = B \sin b$

확인 4 그림 (가), (나)와 같이 크기가 \vec{F} 로 같은 두 힘이 한 점에 나란하지 않게 작용하고 있을 때, 합력의 크기를 비교하시오.



(가) > (나)

확인 5 그림과 같이 크기가 \vec{F} 로 같은 두 힘이 90° 의 각도로 작용하고 있다.



두 힘의 합력은 얼마인지 구해 보자.

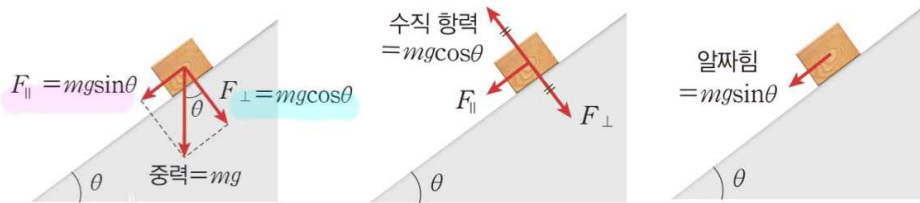
$\sqrt{2} F$

◎ 알짜힘 구하기

1. **알짜힘**: 한 물체에 둘 이상의 힘이 동시에 작용할 때, 같은 효과를 내는 한 힘

2. 알짜힘 구하기

① 빗면에 놓인 물체에 작용하는 알짜힘



• 물체에 작용하는 힘

중력($\vec{F} = m\vec{g}$)		수직 항력(\vec{N})
빗면과 나란한 방향	빗면과 수직인 방향	$\vec{N} = mg \cos \theta$
$\rightarrow F_{ } = mgsin\theta$	$\rightarrow F_{\perp} = mgcos\theta$	

• 물체에 작용하는 알짜힘: F_{\perp} 와 수직 항력이 힘의 평형을 이루므로 빗면에 놓인 물체에 작용하는 알짜힘은 **알짜힘 = $F_{||} = mgsin\theta$** 이다.

• 물체의 가속도: $a = \frac{F}{m} = \frac{\text{알짜힘}}{\text{질량}} = \frac{[⑥] mgsin\theta}{m} = [⑦] gsin\theta$

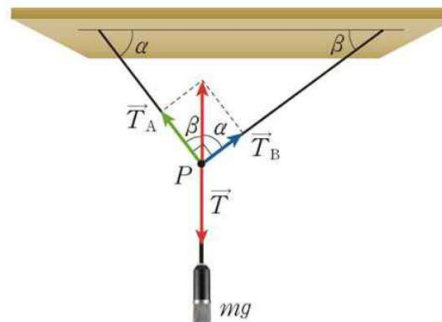
② 마이크에 작용하는 알짜힘

• P점에는 세 힘 $\vec{T}, \vec{T}_A, \vec{T}_B$ 가 작용한다.

• P점이 정지해 있으므로 작용하는

알짜힘은 0이어야 한다.

• 세 힘 $\vec{T}, \vec{T}_A, \vec{T}_B$ 는 힘의 평형을 이루므로, 장력의 합력은 물체의 **무게 (mg)**와 크기는 같고, 방향은 반대이다.



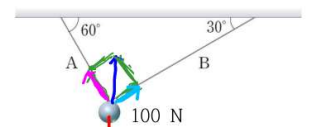
연습해 보기 마이크의 무게가 mg , 두 줄 사이의 각도가 90° , 두 줄이 천장과 이루는 각도가 α, β 일 때 \vec{T}_A 와 \vec{T}_B 의 크기는 얼마인가?

$\rightarrow T_A = T \sin \alpha = mg \sin \alpha = [①] mg \cos \beta$

$(\because \alpha + \beta = 90^\circ)$

$\rightarrow T_B = T \cos \alpha = mg \cos \alpha = [②] mg \sin \beta$

확인 6 그림은 천장에 줄 A와 B를 연결하여 무게가 100 N인 물체를 매달아 놓은 모습이다. 줄 A는 천장과 60° , B는 천장은 30° 를 이루고 있다.



줄 A와 줄 B에 걸리는 힘을 각각 구해 보자.

$T_A = 50\sqrt{3} \text{ N}$

$T_B = 50 \text{ N}$

깊고 간절한 마음은 닿지 못하는 곳이 없다네!

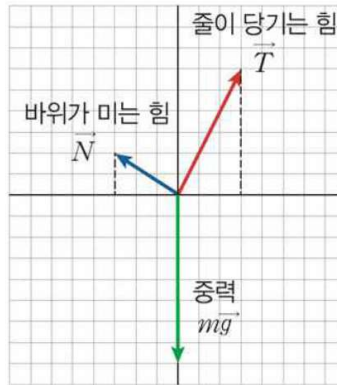
학년 반 번 이름:

③ 암벽을 등반하는 사람에게 작용하는 알짜힘

- 줄이 당기는 힘 \vec{T} 와 바위가 받치는 힘 \vec{N} 의 합력이 중력 과 크기가 같고 방향이 반대이다.

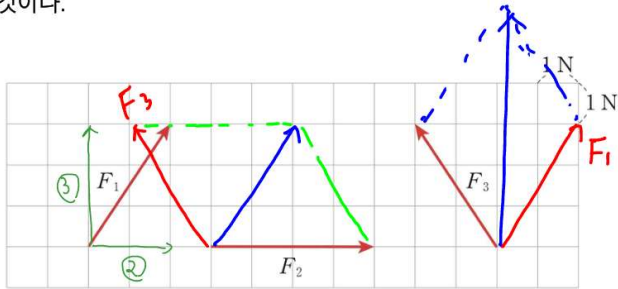
$$\rightarrow \vec{T} + \vec{N} = \text{중력}$$

- 세 힘이 평형을 이루어 사람에게 작용하는 알짜힘은 0이다.



단원명	I. 역학적 상호작용 (1) 힘과 운동 1. 힘의 합성과 분해
성취기준	[12물리II01-01] 평면 상에서 여러 가지 힘이 합성될 때 힘의 벡터를 이용하여 알짜힘을 구할 수 있다.

01 그림은 힘 F_1, F_2, F_3 을 모눈종이에 화살표로 나타낸 것이다.

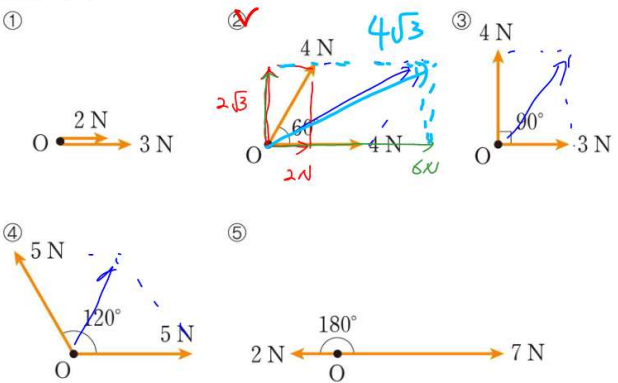


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 모눈종이 눈금 한 칸은 1 N을 나타낸다.)

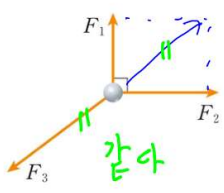
- 보기
- ㉠ F_1 의 크기는 $\sqrt{13}$ N이다.
 - ㉡ F_1 과 F_3 의 합력은 크기가 6 N이다.
 - ㉢ F_2 와 F_3 의 합력은 F_1 과 같다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉡
 ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

02 두 힘이 한 점 O에 작용했을 때 합력의 크기가 나머지와 다른 하나는?

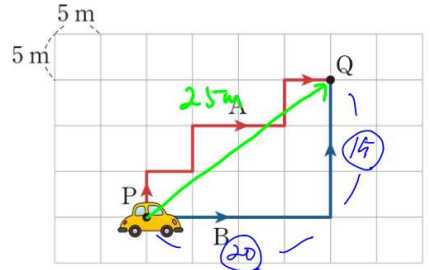


03 그림은 한 물체에 힘 F_1, F_2, F_3 이 작용하고 있을 때 물체가 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다. F_1, F_2 의 크기는 각각 6 N, 8 N이고 서로 수직인 방향으로 작용한다. 물체에 작용하는 알짜힘의 크기와 F_3 의 크기는 몇 N인지 구하시오.



10N

04 그림은 장난감 자동차가 P에서 Q까지 이동하는 경로 A, B를 나타낸 것이다. 바둑판 모양 도로의 가로 세로 한 칸의 길이는 각각 5 m이고, 자동차의 속력은 7 m/s로 일정하다.

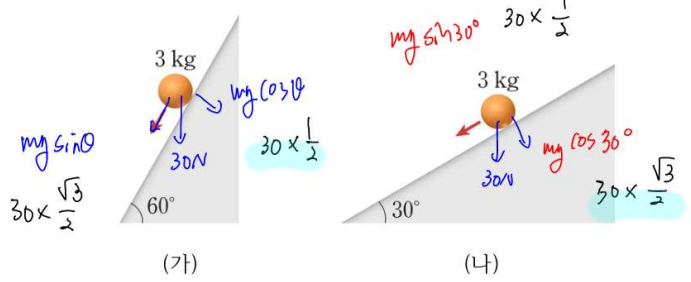


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㉠ A, B의 경로를 따라 이동한 거리는 서로 같다.
 - ㉡ P에서 Q까지 이동하는 데 걸린 시간은 5초이다.
 - ㉢ P에서 Q까지 평균 속도의 크기는 5 m/s이다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉡
 ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

05 그림 (가), (나)는 경사각이 각각 $60^\circ, 30^\circ$ 인 빗면에 놓인 질량이 3 kg인 물체가 화살표 방향으로 운동하는 모습을 나타낸 것이다.

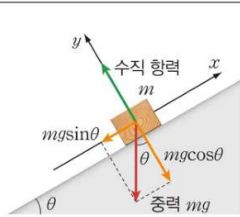


(가), (나)에서 빗면이 물체에 작용하는 힘의 크기를 옳게 짝 지은 것은? (단, 중력 가속도는 10 m/s^2 이고, 모든 마찰은 무시한다.)

- | | | | | |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | (가) | (나) | (가) | (나) |
| ① | 15 N | $15\sqrt{2}$ N | 15 N | $15\sqrt{3}$ N |
| ③ | $15\sqrt{2}$ N | 15 N | $15\sqrt{3}$ N | 15 N |
| ⑤ | $15\sqrt{2}$ N | $15\sqrt{3}$ N | | |

06 다음은 경사각이 θ 인 빗면에 놓인 질량이 m 인 물체에 작용하는 수직 항력을 구하는 과정에 대한 설명이다.

- 물체는 빗면에 수직인 방향으로 운동하지 않으므로 빗면에 수직인 방향으로 가속도의 크기는 (㉠)이다.
- 빗면에 수직인 방향으로 작용하는 물체의 중력의 분력의 크기는 $mg\cos\theta$ 이다.
- 빗면에 수직인 방향으로 힘의 합력이 0이므로 수직 항력의 크기는 (㉡)이다.

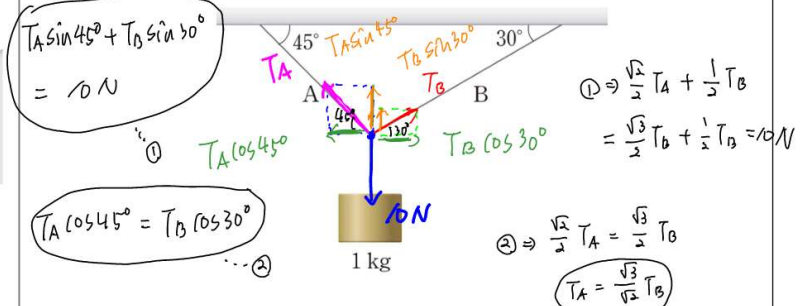


$mg \cos \theta$

() 안에 들어갈 알맞은 말을 옳게 짝 지은 것은?(단, 중력 가속도는 g 이고, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

	㉠	㉡
①	0	$mg\cos\theta$
②	0	$mg\sin\theta$
③	mg	mg
④	$mg\sin\theta$	$mg\cos\theta$
⑤	$mg\cos\theta$	$mg\sin\theta$

08 그림은 질량이 1 kg인 물체가 줄 A, B에 의하여 천장에 매달려 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다. A와 천장은 45° , B와 천장은 30° 의 각을 이루고 있다.



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

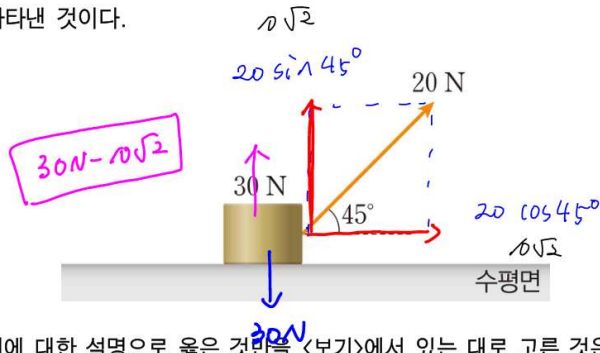
보기

- ㉠ A, B가 당기는 힘의 합력은 크기가 10 N이다.
- ㉡ 장력은 A가 B보다 크다. $T_B(\sqrt{3}+1) = 20$
- ㉢ B의 장력은 크기가 $10(\sqrt{3}-1)$ N이다. $T_B = \frac{20}{\sqrt{3}-1}$

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ $\sqrt{3}+1$

④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ $= \frac{20}{3-1}(\sqrt{3}-1)$

07 그림은 마찰이 없는 수평면에 놓인 무게가 30 N인 물체에 크기가 20 N인 힘을 수평면과 45° 의 방향으로 작용하는 모습을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

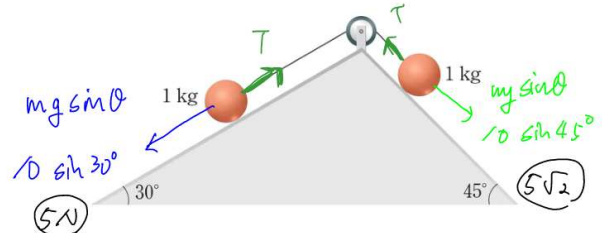
보기

- ㄱ. 수평면이 물체에 작용하는 힘의 크기는 30 N이다.
- ㄴ. 물체의 무게와 수평면이 물체에 작용하는 수직 항력의 합력은 크기가 0이다.
- ㉠ 물체에 작용하는 알짜힘의 크기는 $10\sqrt{2}$ N이다

① ㄱ ② ㄴ ⑤ ㄷ

④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

[09~10] 그림은 경사각이 각각 30° , 45° 인 두 빗면에 질량이 1 kg인 두 물체를 줄로 연결하여 도르레에 걸쳐 놓았을 때 두 물체가 등가속도 운동하는 모습을 나타낸 것이다. 물음에 답하시오(단, 중력 가속도는 10 m/s^2 이고, 줄의 질량, 모든 마찰, 공기 저항은 무시한다.)



09 물체의 가속도의 크기는 몇 m/s^2 인지 구하시오.

$$\frac{5}{2}(\sqrt{2}-1) \text{ m/s}^2$$

$$IF = ma$$

$$5(\sqrt{2}-1) = 2 \times a$$

$$a = \frac{5}{2}(\sqrt{2}-1)$$

10 줄의 장력의 크기는 몇 N인지 구하시오.

$$\frac{5}{2}(\sqrt{2}+1) \text{ N}$$

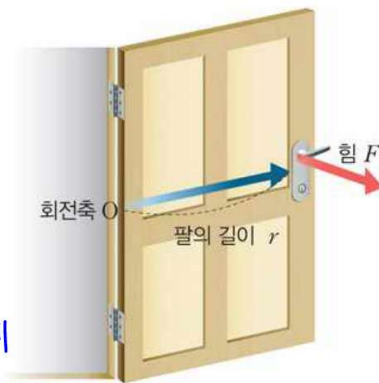
$$T - 5 = \frac{1}{m} \times \frac{5}{2}(\sqrt{2}-1)$$

$$\therefore T = \frac{5}{2} + \frac{5}{2}\sqrt{2}$$

단원명	I. 역학적 상호작용 (1) 힘과 운동 2. 물체의 평형
성취기준	[12물리 II01-02] 무게중심에 대한 물체의 평형 조건을 정량적으로 계산하여 간단한 구조물의 안정성을 설명할 수 있다.

◎ 돌림힘 (토크)

1. ① **돌림힘** : 물체의 회전 운동을 변화시키는 원인이 되는 물리량
2. 돌림힘의 크기: 작용한 힘 F 가 클수록, 회전축에서 힘을 작용한 점까지 길이 r 가 길수록 크다.



확인 1 물체의 회전 운동을 발생시키거나 변화시키는 원인이 되는 물리량을 ()이라고 한다.

돌림힘

돌림힘 = ② **팔의 길이** × 힘의 크기 **반시계**
 $\rightarrow \tau = rF$
 시계, 반시계

3. 돌림힘의 크기와 힘 F 의 방향과의 관계

$\theta = 0^\circ$ 일 때	$0^\circ < \theta < 90^\circ$ 일 때	$\theta = 90^\circ$ 일 때
<p>$\tau = rF \sin 0^\circ = 0$</p>	<p>$F_{\parallel} = F \cos \theta$ $F_{\perp} = F \sin \theta$ $\tau = rF \sin \theta$</p>	<p>$\tau = rF \sin 90^\circ = rF$</p>
<p>r에 대해 F의 수직 성분의 힘이 없다. → 돌림힘이 ③ 0 이어서 물체는 회전하지 않는다.</p>	<p>r에 대해 F의 수직 성분의 힘이 있다. → 돌림힘이 작용하여 물체가 회전한다.</p>	<p>r에 대해 F가 수직으로 작용한다. → 돌림힘이 ④ 최대 가 되어 물체가 회전한다.</p>

$\tau = r \times F$
 $\tau = r F \sin \theta$

4. 돌림힘의 단위: ⑤ **N.m** (뉴턴 미터) (인의 단위와 다름)

5. 돌림힘의 방향: 돌림힘은 크기뿐만 아니라 방향도 고려해야 하는데, ⑥ **시계** 방향과

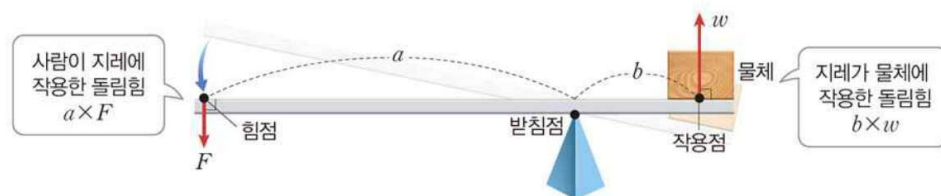
확인 2 지레의 팔의 방향과 힘의 방향이 나란할 때 돌림힘의 크기는 얼마인지 써 보자.

0

⑦ **반시계** 방향이 있다.

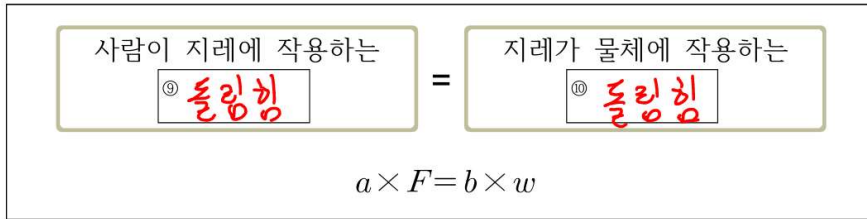
◎ 지레와 돌림힘

1. ⑧ **지레** : 긴 막대와 받침대를 사용하여 물체를 들어 올리는 도구 → 받침점을 중심으로 물체가 움직인다.
2. 지레의 원리



3. 지레를 사용할 때의 돌림힘

- ① 사람이 지레에 작용하는 돌림힘 = $a \times F$
- ② 지레가 물체에 작용하는 돌림힘 = $b \times w$

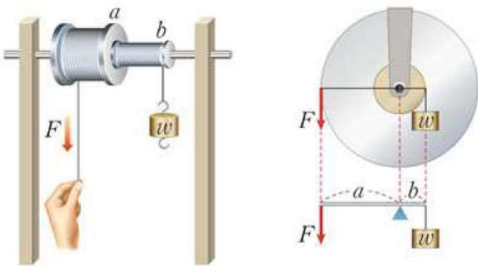


③ $a \times F = b \times w$ 일 때 물체가 정지해 있거나 등속도로 움직인다. $\rightarrow a > b$ 이면 작은 힘으로 무거운 물체를 움직일 수 있다.

4. 지레와 같은 원리를 이용하여 돌림힘을 얻는 예: 병따개, 장도리, 가위 등

㉑ 축바퀴와 돌림힘

1. ㉑ **축바퀴** : 같은 회전축에 지름이 큰 바퀴와 작은 바퀴가 붙어 함께 회전하는 도구 \rightarrow 지레의 팔 길이가 각각의 반지름과 같은 ㉒ **지레** 와 같다.



$a \times F = b \times w$ 에서

$F = \frac{b}{a} w$

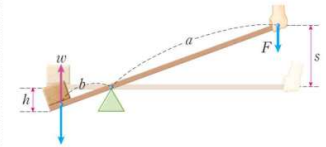
$\rightarrow a > b$ 이므로 $F < w$ 이다.

- ① 큰 바퀴의 돌림힘과 작은 바퀴의 돌림힘이 크기가 같고 방향이 반대이다.
- ② 반지름이 b 인 바퀴에 무게가 w 인 물체를 매달고 반지름이 a 인 바퀴에 F 의 힘을 작용할 때 $a \times F = b \times w$ 이면 물체가 정지해 있거나 등속도로 움직인다. \rightarrow 반지름의 차이에 의해 물체의 무게보다 작은 힘으로 물체를 들어 올릴 수 있다.

2. 축바퀴의 이용

자동차 운전대	자전거 기어	드라이버
무거운 차일수록 지름이 큰 운전대를 이용하여 작은 힘으로 바퀴를 움직인다.	뒷바퀴에 연결된 톱니바퀴의 반지름이 ㉑ 크스톱 작은 힘으로 페달을 돌릴 수 있다.	드라이버 손잡이의 반지름이 커서 반지름이 ㉒ 작은 나사를 쉽게 돌릴 수 있다.

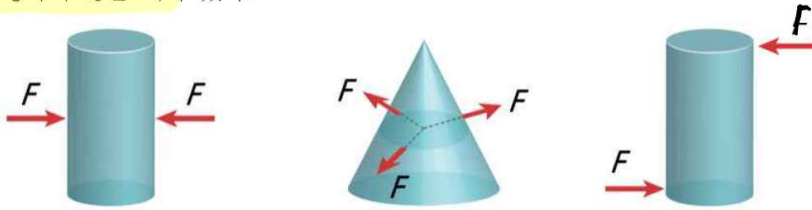
확인 3 그림과 같이 지레의 받침점으로부터 거리가 a 인 지점에 철수가 힘 F 를 작용하여 일정한 속력으로 지레를 s 만큼 움직여서 받침점으로부터 거리가 b 인 지점에 놓인 무게 w 인 물체를 h 만큼 들어 올렸다.



- (1) 철수가 지레에 작용하는 돌림힘을 나타내 보자. $a \times F$
- (2) 지레가 물체에 작용하는 돌림힘을 나타내 보자. $b \times w$
- (3) F 를 a, b, w 에 대한 식으로 나타내 보자. $F = \frac{b}{a} w$

◎ 평형 상태

1. 힘의 평형과 물체의 운동 상태: 물체에 작용하는 힘이 **⑮ 평형** 을 이루더라도 물체가 안정하지 않을 때가 있다.



- 두 힘의 평형
→ 알짜힘은 0
• 물체는 정지 상태
- 세 힘의 평형
→ 알짜힘은 0
• 물체는 정지 상태
- 두 힘의 평형
→ 알짜힘은 0
• 물체는 앞으로 회전

확인 4 물체를 이루는 입자들의 무게가 모두 한 곳에 모여 있다고 생각할 수 있는 점을 무엇이라고 하는지 써 보자.

무게 중심

$$r_{cm} = \frac{m_1 r_1 + m_2 r_2 + m_3 r_3 + \dots}{m_1 + m_2 + m_3 + \dots}$$

2. **⑯ 무게 중심**: 하나의 물체를 이루는 입자들의 전체 무게가 한 곳에 작용한다고 볼 수 있는 점

- ① 직육면체나 구와 같이 대칭인 물체는 물체의 중앙에 무게 중심이 있다.
- ② 무게중심 찾기: 물체의 서로 다른 두 점 A, B를 각각 실로 매달았을 때 실의 방향을 연장한 연장선이 만나는 점이 무게중심이다.



▲ 실을 연장하여 지나는 연직선의 왼쪽 부분과 오른쪽 부분에 작용하는 **⑰ 돌림힘** 이 평형을 이루어 물체가 회전하지 않고 정지해 있다.

3. **⑰ 평형상태**: 물체가 운동 상태의 변화 없이 정지해 있는 상태

- ① 물체가 정지해 있거나 등속도로 움직일 때 또는 일정한 속력으로 회전하면서 정지해 있거나 등속도 운동할 때 **⑱ 평형상태** 에 있다고 한다.
- ② 평형 상태 조건: 물체가 평형 상태에 있으려면 다음 두 조건을 만족하여야 한다.

⑲ 힘의 평형	⑳ 돌림힘의 평형
물체에 작용하는 모든 힘의 합력이 평형을 이루어 알짜힘이 0이 되어야 한다.	물체에 작용하는 모든 돌림힘이 평형을 이루어 돌림힘의 합이 0이 되어야 한다.
→ $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots = 0$	→ $\vec{\tau}_1 + \vec{\tau}_2 + \vec{\tau}_3 + \dots = 0$

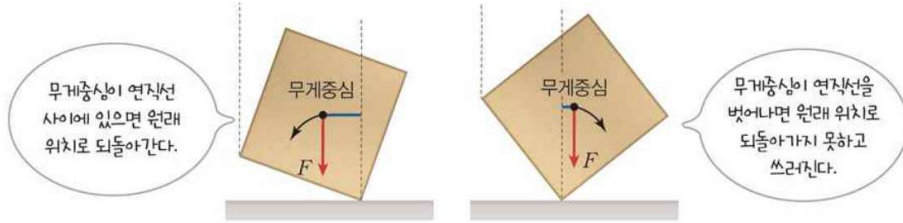
확인 5 다음 빈칸 안에 들어갈 알맞은 말을 써 보자.

- (1) 균일하고 동그란 공의 무게중심은 공의 **중앙** 에 있다.
- (2) 평형 상태를 유지하기 위해서는 (**힘**)의 평형과 (**돌림힘**)의 평형을 만족해야 한다.
- (3) 무게중심의 위치가 낮을수록 물체가 (**안정**)하다.

◎ 물체의 안정성

1. 무게중심의 위치와 안정성: 구조물이 안정된 정지 상태를 유지하기 위해서는 물체를 기울여도 무게중심이 두 연직선 사이에 있어야 원래 위치로 되돌아가는 방향으로

② **돌림힘** 을 받아 쓰러지지 않는다.



2. 물체의 안정성: 무게중심의 위치가 ② **낮** 을수록 또 바닥과 접촉하고 있는 면적이

② **넓** 을수록 물체는 안정성이 크다.

3. 물체의 안정성을 높이는 방법



▲ 바닥의 넓이를 넓혀 안정하게 하고, 삼발이가 힘을 작용하여 쓰러지지 않게 한다.

▲ 사다리 모양의 받침대를 세워 나무가 쓰러지는 반대 방향으로 힘을 작용하여 쓰러지는 것을 막는다.

▲ 보조 막대를 붙여서 물체의 무게로 생기는 돌림힘 때문에 선반이 떨어지는 것을 막는다.

4. 선반의 안정성을 높이는 방법

구분	받침대가 없는 선반	받침대가 있는 선반
구조		
연직 방향 힘의 평형	$W - mg - Mg = 0$	$W - mg - Mg + F \sin \theta = 0$
돌림힘의 평형	$Fc - mga - Mgb = 0$ → $F = \frac{mga + Mgb}{c}$	$Fc - mga - Mgb + F \sin \theta d = 0$ → $F = \frac{mga + Mgb - F \sin \theta d}{c}$
선반의 안정성	<ul style="list-style-type: none"> • 선반에 받침대가 있으면 F가 작아져 못이 빠지지 않고 최대로 버틸 수 있는 물체의 무게 M이 증가한다. • ② θ 와 ② d 를 크게 할수록 받침대가 선반을 떠받치는 돌림힘이 크다. 	

◆ 평형 상태와 무게중심

물체의 무게중심을 떠받치면 물체는 힘의 평형과 돌림힘의 평형을 이루어 안정된 상태를 유지한다.

◆ 다리의 안정성

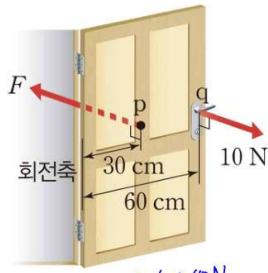
다리를 건설할 때 교각과 상판을 연결한 부분이 상판 양쪽의 돌림힘을 견딜 수 있어야 한다. → 돌림힘의 평형이 깨지면 상판이 한쪽으로 쓰러진다.



단원명	I. 역학적 상호작용 (1) 힘과 운동 2. 물체의 평형
-----	---------------------------------

성취기준	[12물리Ⅱ01-02] 무게중심에 대한 물체의 평형 조건을 정량적으로 계산하여 간단한 구조물의 안정성을 설명할 수 있다.
------	---------------------------------------------------------------------

01 그림과 같이 문의 회전축에서 30 cm 떨어진 p 지점과 60 cm 떨어진 q 지점에 문과 수직 방향으로 각각 크기가 F , 10 N인 힘을 동시에 서로 반대 방향으로 작용하였더니 문이 움직이지 않았다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

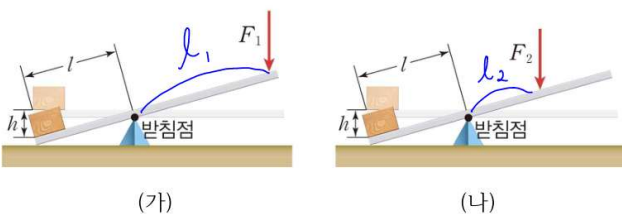


회전축
 $\sum \tau = 0$
 $0.3F = 0.6 \times 10N$
 $F = 20N$

- 보기
- ㉠ F 는 10 N보다 크다.
 - ㉡ 회전축에 대해 p 지점에 작용하는 돌림힘의 크기는 6 N·m이다.
 - ㉢ 회전축에 대해 p 지점에 작용하는 돌림힘의 방향과 q 지점에 작용하는 돌림힘의 방향은 같다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉡
 ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

02 그림 (가), (나)는 지레의 받침점으로부터 l 만큼 떨어진 위치에 질량이 같은 물체를 올려놓고, 받침점으로부터 각각 다른 위치에 힘 F_1 , F_2 를 작용하여 물체를 일정한 속력으로 천천히 높이 h 만큼 들어 올리는 모습을 나타낸 것이다. 물체를 h 만큼 들어 올릴 때까지 F_1 , F_2 가 한 일은 각각 W_1 , W_2 이다.

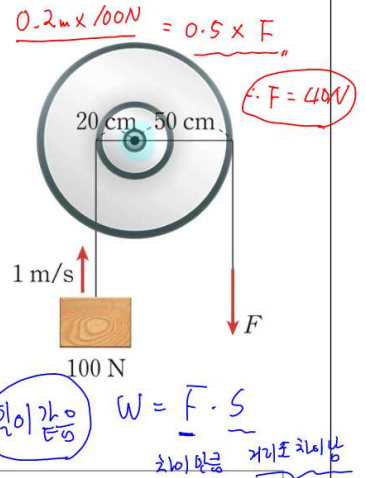


물체를 h 만큼 들어 올릴 때까지에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?(단, 지레의 질량과 모든 마찰은 무시한다.)

- 보기
- ㉠ $F_1 < F_2$ 이다.
 - ㉡ $W_1 > W_2$ 이다.
 - ㉢ F_1 에 의한 돌림힘의 크기와 F_2 에 의한 돌림힘의 크기가 서로 같다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉢
 ④ ㉠, ㉡ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

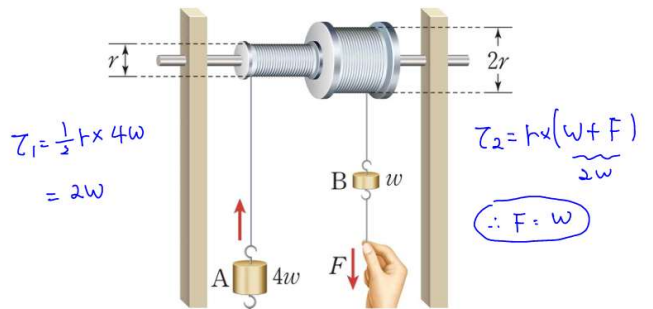
03 그림은 반지름이 각각 20 cm, 50 cm인 축바퀴에 무게가 100 N인 물체를 매달고, 반지름이 큰 축바퀴에 연결된 줄을 F 의 힘으로 당기고 있을 때 물체가 1 m/s의 일정한 속력으로 올라가는 모습을 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?(단, 줄의 질량과 모든 마찰은 무시한다.)



- 보기
- ㉠ $F = 40$ N이다.
 - ㉡ 1초 동안 F 가 한 일은 100 J이다.
 - ㉢ 물체가 1 m를 올라가는 동안 F 가 줄을 당기는 거리는 4 m이다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉡
 ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

04 그림은 지름이 각각 r , $2r$ 인 축바퀴에 무게가 각각 $4w$, w 인 추 A, B를 줄로 연결하여 매달고 B를 크기 F 인 일정한 힘으로 당겼을 때, A가 일정한 속력으로 연직 위로 올라가고 있는 모습을 나타낸 것이다.

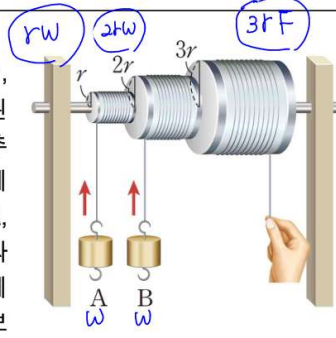


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?(단, 줄의 질량과 모든 마찰은 무시한다.)

- 보기
- ㉠ $F = w$ 이다.
 - ㉡ 축바퀴를 회전축으로 할 때 A와 B의 무게에 의한 돌림힘의 크기는 같다.
 - ㉢ F 가 한 일은 A가 얻은 일과 같다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉡
 ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

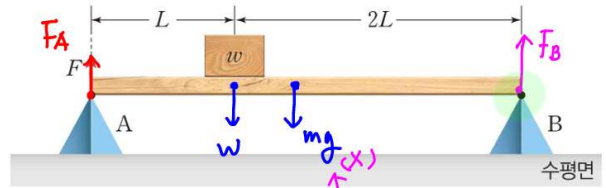
05 그림은 반지름이 각각 r , $2r$, $3r$ 인 세개의 바퀴가 연결된 축바퀴에 무게가 w 로 같은 추 A, B를 매단 후 가장 큰 바퀴에 감긴 줄을 손으로 당겼을 때, A, B가 각각 일정한 속력으로 올라가는 모습을 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?(단, 줄의 질량과 모든 마찰은 무시한다.)



- 보기
- ㉠ 속력은 A가 B보다 작다. $v_A = \frac{1}{2}v_B \Rightarrow 2배$
 - ㉡ 운동 에너지는 B가 A의 4배이다. $E_k = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow 2배$
 - ㉢ 손으로 줄을 당기는 힘의 크기는 A의 무게와 같다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉡
 ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

08 그림은 균일한 막대의 양 끝을 받침대 A, B가 받치고 있을 때 막대 위에 무게가 w 인 물체가 놓여 있는 모습을 나타낸 것이다. 막대는 수평 상태로 정지해 있고, 받침대 A가 막대를 떠받치는 힘의 크기는 F 이다.



물체의 무게와 받침대 B가 각각 막대를 떠받치는 힘의 크기를 옳게 짝 지은 것은?(단, 물체의 크기와 막대의 질량은 무시한다.)

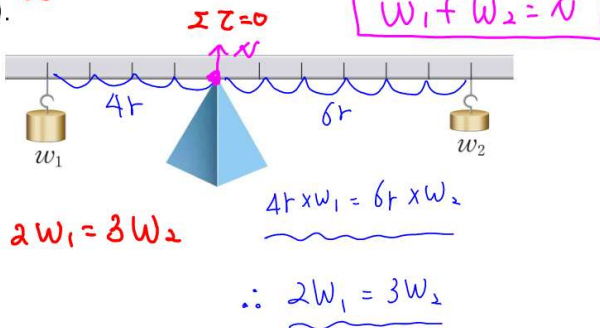
- ① $\frac{1}{2}F, \frac{1}{2}F$ ② $\frac{1}{2}F, \frac{3}{2}F$ ③ $\frac{3}{2}F, \frac{1}{2}F$
 ④ $2F, \frac{1}{2}F$ ⑤ $\frac{3}{2}F, \frac{2}{3}F$

① $\sum F = 0 \Rightarrow F_A + F_B = w$

② $\sum \tau = 0 \Rightarrow 3L F_A = 2L W$

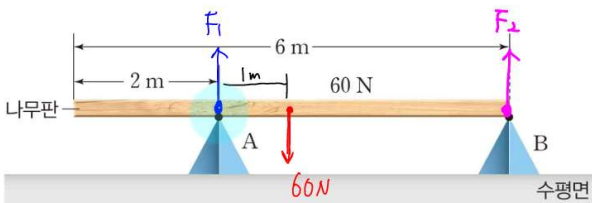
$\therefore W = \frac{3}{2} F_A \quad \therefore F_B = \frac{1}{2} F_A$

06 그림과 같이 막대에 무게가 각각 w_1, w_2 인 물체를 매달았을 때 막대가 평형을 이루는 조건을 쓰시오(단, 막대의 질량은 무시한다.).



- ① 힘의 평형, 돌림힘의 평형
 ② 힘의 평형 \Rightarrow 회전력 아무데나 가능

07 그림은 무게가 60 N, 길이가 6 m이고 밀도가 균일한 나무판을 수평면과 나란하게 두 받침대 A, B가 받치고 있는 모습을 나타낸 것이다.



A와 B가 각각 나무판을 받치는 힘의 크기를 옳게 짝 지은 것은?

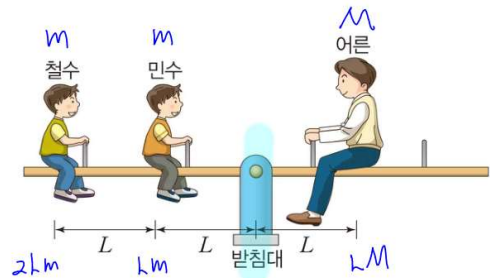
- ① 15 N, 45 N ② 20 N, 40 N ③ 40 N, 20 N
 ④ 45 N, 15 N ⑤ 60 N, 30 N

① $\sum F = 0 \Rightarrow F_1 + F_2 = 60N$

② $\sum \tau = 0 \Rightarrow 1 \times 60N = 4 \times F_2$

$\therefore F_2 = 15N \quad \therefore F_1 = 45N$

09 그림은 철수와 민수가 어른과 함께 탄 시소가 수평으로 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다. 철수와 민수의 몸무게는 같고, 받침대로부터 철수, 민수, 어른까지의 거리는 각각 $2L, L, L$ 이다.



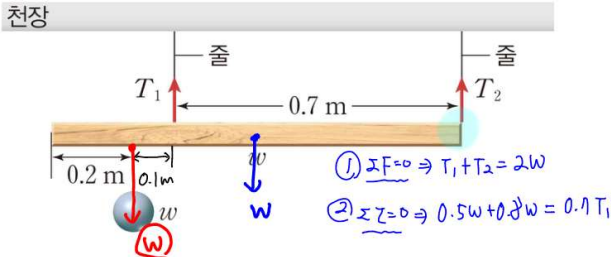
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?(단, 줄의 질량과 모든 마찰은 무시한다.)

- 보기
- ㉠ 어른의 몸무게는 철수와 민수의 몸무게를 합한 값과 같다.
 - ㉡ 받침대가 시소를 받치는 힘의 크기는 철수 몸무게의 5배이다.
 - ㉢ 민수가 철수 쪽으로 이동하면 시소는 철수가 내려가는 방향으로 기울어진다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉡

- ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

10 그림과 같이 길이가 1 m인 밀도가 균일한 막대의 오른쪽 끝과 오른쪽 끝으로부터 0.7 m인 지점이 줄로 연결되어 천장에 매달려 있고, 막대의 왼쪽 끝으로부터 0.2 m인 지점에 무게가 w 인 물체가 매달려 정지해 있다. 줄이 막대를 당기는 힘은 각각 T_1, T_2 이고, 막대의 무게는 w 이다.



T_1, T_2 의 크기를 각각 구하시오(단, 실의 질량과 모든 마찰은 무시한다.).

$T_1 = \frac{13}{7}w, T_2 = \frac{1}{7}w$
 $\therefore T_1 = \frac{13}{7}w$
 $\therefore T_2 = \frac{1}{7}w$

11 그림과 같이 야구 방망이에 나무 막대를 받친 후 방망이에서 손을 떼었더니 방망이가 정지한 상태를 유지하였다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

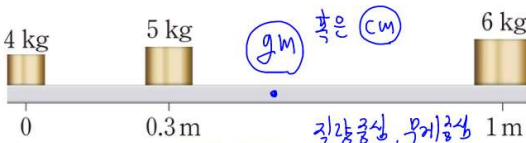
☐ 보기 ☐

☐ $\sum \tau = 0$ $\tau = r \times W$
 ☐ τ 가 같음

1. 나무 막대를 기준으로 양쪽의 방망이 무게는 서로 같다. ~~×~~
 2. 나무 막대를 왼쪽으로 옮기면 방망이는 시계 방향으로 회전한다. ~~○~~
 3. 나무 막대가 방망이에 작용하는 힘의 크기는 방망이의 무게와 같다. $\sum F = 0$

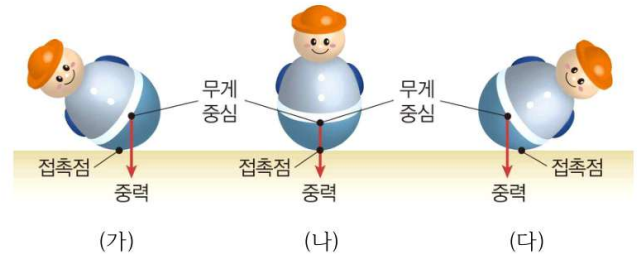
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

12 그림은 질량이 4 kg, 5 kg, 6 kg인 세 물체가 막대 위의 0, 0.3 m, 1 m인 곳에 놓여 있는 모습을 나타낸 것이다.



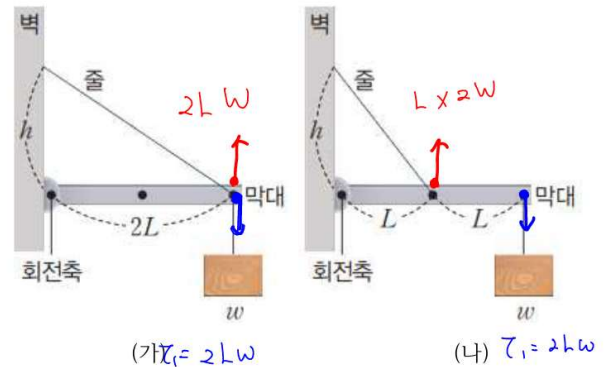
세 물체의 무게중심의 위치를 구하시오.
 $0.5m$ 공식 $\tau = \frac{m_1 r_1 + m_2 r_2 + m_3 r_3}{m_1 + m_2 + m_3}$
 $\frac{0 \times 4 + 0.3 \times 5 + 1 \times 6}{4 + 5 + 6} = 0.5m$

13 그림 (가), (나), (다)는 수평면에서 오목이가 기울었을 때와 똑바로 서 있을 때의 무게중심과 접촉점의 위치를 나타낸 것이다.



- 이에 대한 설명으로 옳은 것은?
 ① 무게중심이 높을수록 안정적이다. ~~×~~
 ② (나)에서 중력에 의한 돌림힘의 크기는 0이다. \circ
 ③ (가)는 (나)보다 무게중심이 높지만 (다)는 (나)보다 무게중심이 낮다. ~~옳다~~
 ④ (가)와 (다)에서 접촉점을 회전축으로 할 때 오목이의 중력에 의한 돌림힘의 방향은 같다. ~~반대~~
 ⑤ 수평면이 오목이를 떠받치는 힘의 크기는 (가)에서가 (나)에서보다 크다. $\sum F = 0$

14 그림 (가), (나)는 각각 벽에 부착된 부분이 상하로 자유롭게 회전할 수 있는 막대의 끝에 무게가 w 인 물체를 매달고 동일한 줄을 각각 막대의 끝과 중간에 연결하여 벽에 고정시킨 모습을 나타낸 것이다.



막대가 벽에 부착된 점을 회전축으로 할 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?(단, 막대의 무게와 모든 마찰은 무시한다.)

☐ 보기 ☐

1. (가)와 (나)에서 물체의 무게가 작용하는 돌림힘의 크기는 같다. ~~×~~
 2. 줄이 막대에 작용하는 돌림힘의 크기는 (가)가 (나)보다 크다. ~~같다~~
 3. 물체의 무게를 증가시킬 때 (가)가 (나)보다 안정적이다. \circ

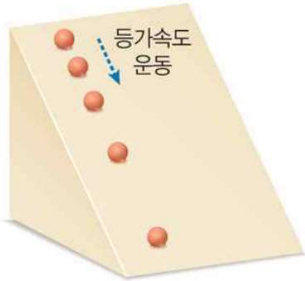
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ 광학치미
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

단원명	I. 역학적 상호작용 (1) 힘과 운동 3. 평면에서 등가속도 운동
-----	---------------------------------------

성취기준	[12물리Ⅱ01-03] 평면상의 등가속도 운동에서 물체의 속도와 위치를 정량적으로 예측할 수 있다.
------	---------------------------------------------------------

◎ 평면에서 운동

1. 빗면에서 가만히 놓은 물체의 운동



- 물체에 중력만 작용하여 **알짜힘** 이 일정
- 같은 시간 동안 이동 거리의 증가량이 동일
- 등가속도 (직선) 운동
- 물체의 가속도는 중력 가속도 $g \sin \theta$ 로 일정한 **등가속도** 운동을 한다.

확인 1 빗면에서 가만히 놓은 물체에는 일정한 알짜힘이 작용하여 () 운동을 한다.

등가속도

2. 빗면에서 옆으로 민 물체의 운동



빗면 아래 방향	빗면에 수평 방향
<ul style="list-style-type: none"> • 물체에 작용하는 알짜힘이 일정 • 같은 시간 동안 이동 거리의 증가량이 동일 → 등가속도 운동 	<ul style="list-style-type: none"> • 물체에 작용하는 알짜힘이 0 • 같은 시간 동안 이동 거리는 동일 → 등속도 운동

참고 등가속도 직선 운동

1차원 \Rightarrow 2차원 확장 \Rightarrow **2-yr 평면**

1. 등가속도 직선 운동: 직선을 따라 일정한 가속도로 운동하는 물체의 운동
→ 가속도가 일정하게 증가하거나 감소하는 직선 운동
2. 등가속도 직선 운동의 관계 식

$$v = v_0 + at, \quad s = \frac{v_0 + v}{2}t = v_0t + \frac{1}{2}at^2, \quad v^2 - v_0^2 = 2as$$

(v_0 : 처음 속도, v : 나중 속도, a : 가속도, s : 위치(변위), t : 시간)

3. 등가속도 직선 운동의 예: 자유 낙하 운동, 빗면을 미끄러져 내려오는 물체의 운동, 연직 위로 던져 올린 물체의 운동 등

4. 등가속도 직선 운동 식과 자유 낙하 운동 식

<ul style="list-style-type: none"> • $v = v_0 + at$ • $s = v_0t + \frac{1}{2}at^2$ • $v^2 - v_0^2 = 2as$ 	<ul style="list-style-type: none"> • 자유 낙하 운동의 처음 속도 $v_0 = 0$ • 자유 낙하 운동 하는 물체의 가속도는 중력 가속도 g 	<ul style="list-style-type: none"> • $v = gt$ • $s = \frac{1}{2}gt^2$ • $v^2 = 2gs$
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

$a = a$
 $v = v_0 + at$
 $s = s_0 + v_0t + \frac{1}{2}at^2$

↑ **민**
 ↓ **권**

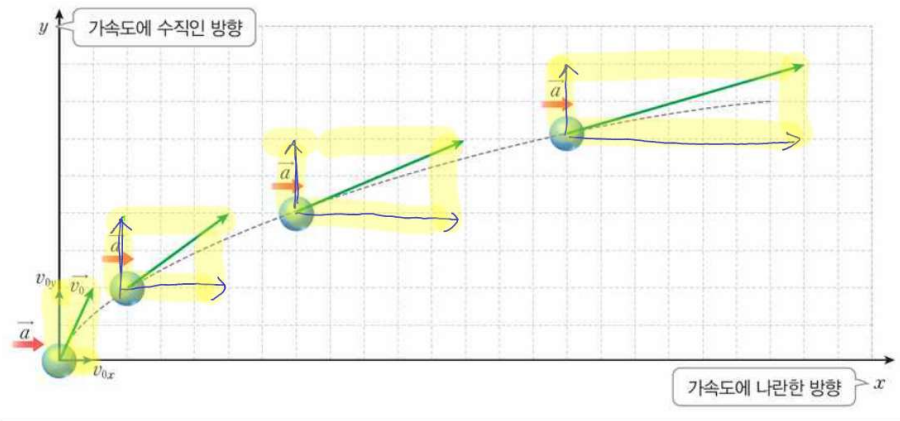
◎ 평면에서 등가속도 운동 (x-y 평면)

1. 평면에서 등가속도 운동

구분	가속도에 나란한 방향 (x축 방향)	가속도에 수직인 방향 (y축 방향)
위치	$x = x_0 + v_{0x}t + \frac{1}{2}at^2$	$y = y_0 + v_{0y}t$
속도	$v_x = v_{0x} + at$	$v_y = v_{0y} = \text{일정}$
운동	같은 시간 동안 속도변화량 이 동일한 등가속도 운동을 한다.	같은 시간 동안 위치변화 가 동일한 등속도 운동을 한다.

$\Rightarrow y = y_0 + v_{0y}t$

$t = \frac{y - y_0}{v_{0y}}$

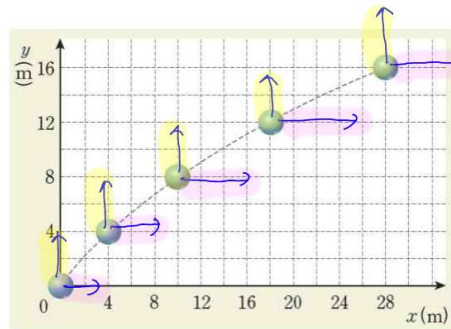


2. 포물선 경로

- ① **포물선** : 평면상에 하나의 점과 하나의 직선으로부터 거리가 같은 점의 자취이다.
- ② 가속도 방향과 수직인 방향의 처음 속도 v_{0y} 가 0이 아니면 y축 방향의 운동 식에서 시간 $t = \frac{y - y_0}{v_{0y}}$ 으로 나타낼 수 있다.
- ③ 위치의 x 성분은 y의 **2차방정식** 인 $x = x_0 + v_{0x}(\frac{y - y_0}{v_{0y}}) + \frac{1}{2}a(\frac{y - y_0}{v_{0y}})^2$ 으로 표현된다.

→ 위치의 x 성분은 시간의 제곱에 비례하고, y 성분은 시간에 비례하므로 **포물선** 이다.

예 처음 속도의 x, y 성분이 각각 3 m/s, 4 m/s인 물체가 x축 방향으로 2 m/s²의 일정한 가속도로 운동할 때 포물선 경로



확인 2 다음 ㉠, ㉡에 들어갈 알맞은 말을 써 보자.

평면에서 등가속도 운동을 하는 물체는 가속도 방향과 수직인 방향의 처음 속도가 ㉠(0)이 아니면 ㉡() 경로를 따라 운동한다. **포물선**

확인 3 오른쪽 그림과 같이 운동하는 물체는 y축 방향으로 처음 속도가 있으므로 포물선 경로를 따라 운동한다. 처음 위치를 O점으로 할 때 시간 t 후 물체의 위치의 x, y성분의 관계를 나타내 보자.

$x = \frac{3}{4}y + \frac{1}{16}y^2$

$$\begin{cases} v_x = 3 + 2t \\ v_y = 4 \\ x = 3t + t^2 \\ y = 4t \end{cases} \Rightarrow x = \frac{3}{4}y + \frac{1}{16}y^2$$

단원명	I. 역학적 상호작용 (1) 힘과 운동 3. 평면에서 등가속도 운동
성취기준	[12물리II01-03] 평면상의 등가속도 운동에서 물체의 속도와 위치를 정량적으로 예측할 수 있다.

01 평면에서의 등가속도 운동에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

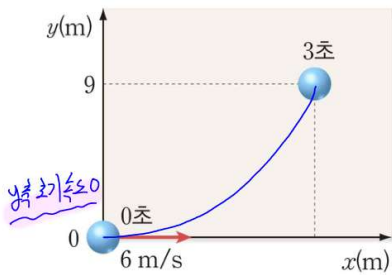
단위시간 동안 속도 변화량이 일정하다. *가속도 = 등가속도*

운동 경로가 포물선일 때 속력이 0인 순간이 있다. *속력 = 0*

가속도의 방향은 변위의 방향과 같다. *가속도 방향 = 변위 방향*

- ① ㄱ, ㄷ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[02~03] 그림은 xy 평면에서 0초일 때 x 축 방향으로 속도가 6 m/s인 물체가 y 축 방향으로 등가속도 직선 운동 하여 3초 동안 y 축 방향으로의 이동 거리가 9 m인 모습을 나타낸 것이다. 물체에 답하십시오.



02 물체의 가속도의 크기는?

- ① 1 m/s² ② 2 m/s² ③ 6 m/s²
 ④ 9.8 m/s² ⑤ 18 m/s²

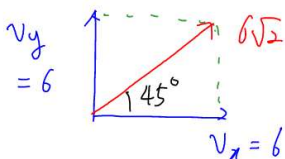
$$y = \frac{1}{2}at^2 \Rightarrow 9 = \frac{1}{2} \times a \times 9$$

$$\therefore a = 2 \text{ m/s}^2$$

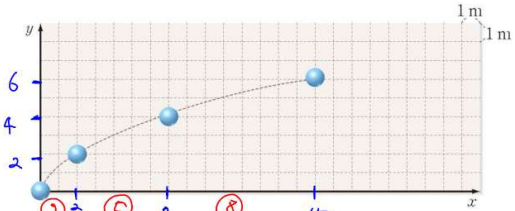
$$v_y = at \Rightarrow 2 \times 3 = 6 \text{ m/s}$$

03 3초일 때 물체의 속력과 물체의 운동 방향이 x 축과 이루는 각도를 옳게 짝 지은 것은?

- ① $\sqrt{2}$ m/s, 30° ② $2\sqrt{6}$ m/s, 45° ③ $6\sqrt{2}$ m/s, 30°
 ④ $6\sqrt{2}$ m/s, 45° ⑤ $2\sqrt{3}$ m/s, 60°



04 그림은 xy 평면에서 등가속도 운동 하는 물체의 위치를 1초마다 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?(단, 눈금의 가로 세로 1칸은 1 m이다.)

보기

속도의 y 성분은 크기가 2 m/s이다. *속도 y 성분 = 2 m/s*

가속도의 방향은 $+y$ 축 방향이다. *가속도 방향 = +y 축*

가속도의 크기는 3 m/s^2 이다. *가속도 크기 = 3 m/s^2*

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 표는 한 물체의 속도와 가속도의 x, y 성분을 각각 나타낸 것이다.

성분	0초 일 때 속도	가속도
x (등속도)	10 m/s	0
y (등가속도)	0	5 m/s ²

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

등가속도 운동을 한다. *가속도 방향 = +y 축*

운동 경로는 포물선이다. *가속도 방향 = +y 축*

2초일 때 운동 방향이 x 축과 이루는 각도는 45°이다. *2초일 때 속도 방향 = 45°*

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

$$v_y = v_0 + at = 0 + 5 \times 2 = 10 \text{ m/s}$$

깊고 간절한 마음은 닿지 못하는 곳이 없다네!

학년 반 번 이름:

[06~07] 표는 일정한 가속도로 운동하는 물체의 위치와 속도의 x, y 성분을 시간 t 에 따라 나타낸 것이다. 물음에 답하시오.

x 축 방향	y 축 방향
<ul style="list-style-type: none"> • 위치 $x = (\text{㉠})t + t^2$ (m) • 속도 $v_x = 3 + (\text{㉡})t$ (m/s) 	<ul style="list-style-type: none"> • 위치 $y = (\text{㉢})t$ (m) • 속도 $v_y = 4$ (m/s)

7/10

06 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

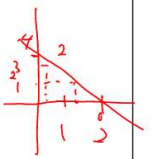
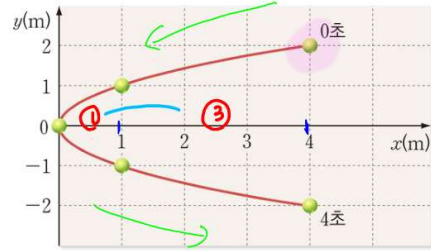
- 보기
- ㉠. 이동 거리는 시간의 제곱에 비례한다. \rightarrow 직각방향만
 - ㉡. 속력은 시간에 비례한다. \times \rightarrow 직각만
 - ㉢. 가속도의 방향은 $+x$ 축 방향이다.

- ① ㉠, ㉡ ② ㉡, ㉢
 ③ ㉠, ㉢ ④ ㉠, ㉡, ㉢

07 () 안에 들어갈 알맞은 값을 옳게 짝 지은 것은?

- | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ㉠ | ㉡ | ㉢ | | ㉣ | ㉤ | | ㉥ | ㉦ | ㉧ |
| ① | 2 | 3 | 4 | ② | 2 | 4 | 3 | | | |
| ③ | 3 | 2 | 4 | ④ | 3 | 4 | 2 | | | |
| ⑤ | 4 | 2 | 3 | | | | | | | |

08 그림은 x 축을 기준으로 아래위로 대칭인 운동 경로를 따라 운동하는 물체의 위치를 1초마다 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㉠. 가속도의 방향은 $+x$ 축 방향이다. \rightarrow (4m/s)
 - ㉡. 가속도의 크기는 2 m/s^2 이다.
 - ㉢. 0초일 때 속력은 1 m/s 이다. \rightarrow x방향, y방향 (1m/s)

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉡
 ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢ ⑥ ㉢



단원명	I. 역학적 상호작용 (1) 힘과 운동 4. 포물선 운동
-----	---------------------------------

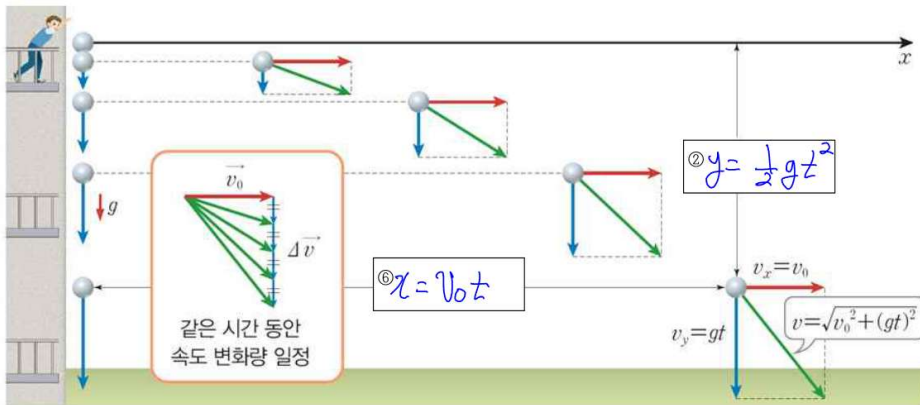
성취기준	[12물리II01-04] 뉴턴 운동 법칙을 이용하여 물체의 포물선 운동을 정량적으로 설명할 수 있다.
------	----------------------------------------------------------

◎ 수평으로 던진 물체의 운동

1. 높이 H 에서 수평 방향으로 \vec{v}_0 의 속도로 던지면 **포물선** 운동을 한다.

① x 축 \Rightarrow 등속도 $\rightarrow (+)$ 로

② y 축 \Rightarrow 등가속도 $\downarrow (+)$ 로



2. 수평으로 던진 물체의 운동 분석

구분	수평 방향 운동	연직 방향 운동
알짜힘	물체에 작용하는 알짜힘이 0 이다. $F_x = 0$	물체에 작용하는 알짜힘이 mg (중력) 으로 일정하다. $F_y = mg$
가속도	등속도 운동 $a_x = 0$	등가속도 운동 $a_y = \text{⑤ } g$
처음 속도	$v_{0x} = v_0$	$v_{0y} = 0$
t 초일 때 속도	같은 시간 동안 속도 가 일정하다. $v_x = v_0$	같은 시간 동안 속도 변화량 이 일정하다. $v_y = g t$
t 초일 때 위치	일정 시간 동안 수평으로 이동한 거리가 일정하다. $x = v_0 t$	일정 시간 동안 연직 아래로 이동 거리의 증가량이 일정하다. $y = \frac{1}{2} g t^2$
운동 경로	시간 t 초일 때 속력은 $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 + (g t)^2}$ 이고, $y = \frac{g}{2v_0^2} x^2$ 이므로 운동 경로는 포물선 이다.	
처음 높이	$H = \frac{1}{2} g t^2$	
지면 도달 시간	$t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$ \rightarrow 수평으로 던진 물체가 지면에 떨어지는 시간 t 는 수평방향속도 에는 무관하고, 높이 에만 관련 있다.	
수평 도달 거리	$R = v_0 t = \text{⑥ } v_0 \sqrt{\frac{2H}{g}}$ $x = v_0 t$	

확인 1 수평으로 던진 공의 운동에 대한 설명으로 옳은 것은 O, 옳지 않은 것은 X표 하시오. (단, 공기 저항은 무시한다.)

(1) 같은 시간 동안 수평 방향으로 작용하는 알짜힘은 중력이다. (X)

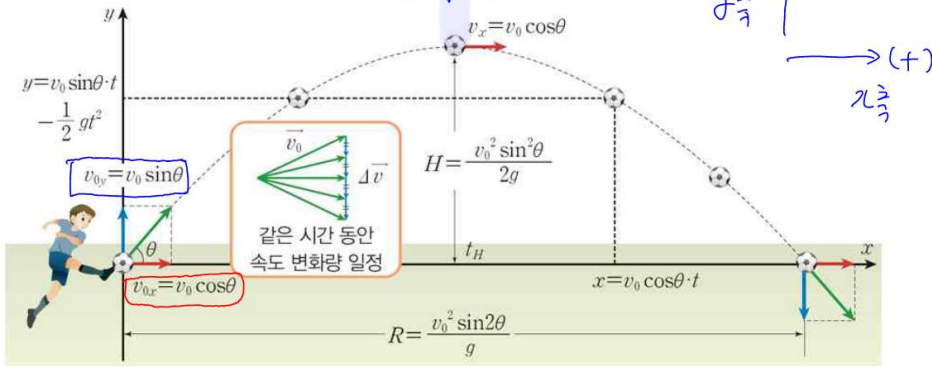
(2) 수평 방향으로 등속도 운동, 연직 방향으로 등가속도 직선 운동을 한다. (O)

(3) 물체가 지면에 도달할 때까지 날아가는 수평 도달 거리는 $v_0 \sqrt{\frac{2H}{g}}$ 이다. (O)

* 문제는 주어린 값이 H, v_0 등 구한 것 t, R, v 도착 방위각 반각속도 시간 거리

◎ 비스듬히 위로 던진 물체의 운동

1. 지면과 θ 의 각도로 처음 속도 \vec{v}_0 로 던진 물체는 포물선 운동을 한다.

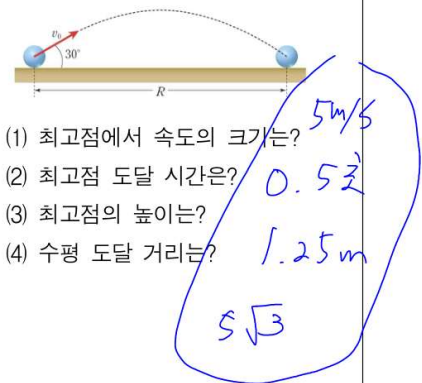


2. 비스듬히 위로 차 올린 물체의 운동 분석

구분	수평 방향 운동	연직 방향 운동
알짜힘	물체에 작용하는 알짜힘이 0 이다. $F_x = 0$	물체에 작용하는 알짜힘이 중력 으로 일정하다. $F_y = -mg$
가속도	등속도 운동 $a_x = 0$	등가속도 운동 $a_y = \textcircled{3} -g$
처음 속도	$v_{0x} = v_0 \cos \theta$	$v_{0y} = v_0 \sin \theta$
t 초일 때 속도	같은 시간 동안 속도가 일정 하다. $v_x = v_0 \cos \theta$	같은 시간 동안 속도 변화량이 일정하다. $v_y = v_0 \sin \theta - gt$ ①
t 초일 때 위치	$x = v_0 \cos \theta \times t$	$y = v_0 \sin \theta \times t - \frac{1}{2}gt^2$ ③
운동 경로	$y = \tan \theta \times x - \frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \theta} x^2$ 의 관계가 있으므로 물체는 포물선 경로로 운동한다.	
최고점 도달 시간	$t_H = \frac{v_0 \sin \theta}{g}$ ②	①에서 (\because 최고점 수평방향 속도 0)
최고점의 높이	$H = \frac{v_0^2 \sin^2 \theta}{2g}$	②를 ③에 대입
수평 도달 거리	물체가 지면에서 최고점까지 올라가는 시간과 최고점에서 지면으로 내려오는 시간은 같다. 따라서 물체가 지면에 도달할 때까지 운동한 시간은 $2t_H$ 이다. $R = v_0 \cos \theta \times 2t_H = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}$ ($\because 2 \sin \theta \cos \theta = \sin 2\theta$)	

$$= v_0 \cos \theta \times 2 \frac{v_0 \sin \theta}{g} = \frac{v_0^2 2 \sin \theta \cos \theta}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}$$

확인 2 그림과 같이 지면과 30° 의 각도로 처음 속도 $v_0 = 10 \text{ m/s}$ 로 차올린 물체가 포물선 운동을 하여 다시 지면에 도달하였다.(단, 중력 가속도는 10 m/s^2 이고, 공기의 저항은 무시한다.)



- (1) 최고점에서 속도의 크기는? 5 m/s
- (2) 최고점 도달 시간은? 0.5 초
- (3) 최고점의 높이는? 1.25 m
- (4) 수평 도달 거리는? $5\sqrt{3}$

◎ 여러 각도로 던진 물체의 운동 경로

1. 물체를 던진 방향이 수평면과 이루는 각이

⑮ 45° 일 때 물체가 날아간 수평 거리는 최대이다.

2. $\sin 2(45^\circ \pm \theta) = \sin(90^\circ \pm 2\theta) = \cos 2\theta$ 이므로

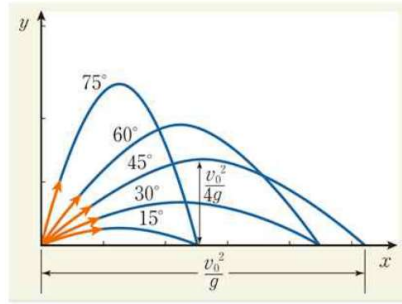
물체를 던진 각도가 ⑯ $45^\circ + \theta$,

⑰ $45^\circ - \theta$ 일 때 수평 도달 거리가 같다.

3. 던진 각도가 클수록 최고점의 높이가 ⑱ 높으며 며, 최고점이 높을수록 날아가는 시간이

⑲ 길 다.

TOI 설명



확인 3 포물선 운동하는 물체에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×표 하시오. (단, 공기 저항은 무시한다.)

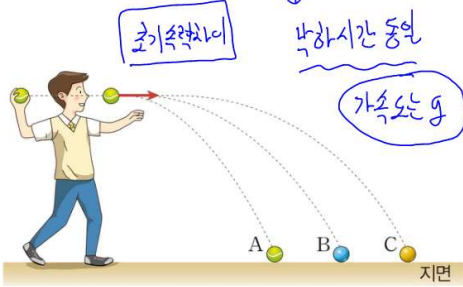
- (1) 알짜힘의 크기와 방향이 일정하다. (○)
- (2) 수평 방향으로 등가속도 운동이다. (×)
- (3) 운동 방향과 알짜힘의 방향이 수직이다. (×)
- (4) 속도의 연직 방향 성분이 클수록 더 높이 올라간다. (○)
- (5) 처음 속력이 같을 때 처음 운동 방향이 수평면과 이루는 각도 45° 일 때 수평 도달 거리가 최대이다. (○)



단원명	I. 역학적 상호작용 (1) 힘과 운동 4. 포물선 운동
-----	---------------------------------

성취기준	[12물리II01-04] 뉴턴 운동 법칙을 이용하여 물체의 포물선 운동을 정량적으로 설명할 수 있다.
------	----------------------------------------------------------

01 그림은 물체 A, B, C를 같은 높이에서 수평으로 던졌을 때 포물선 경로를 따라 지면에 떨어지는 모습을 나타낸 것이다.

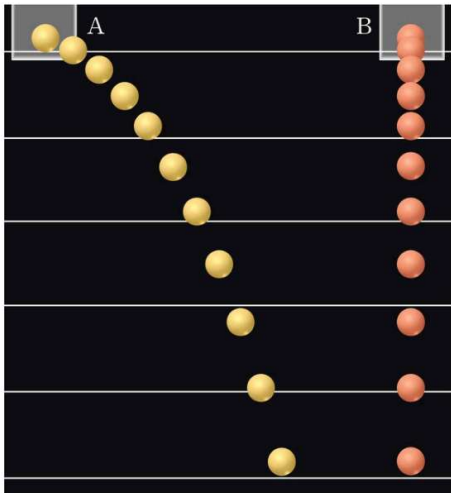


A, B, C에 대한 설명으로 옳은 것만을 에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g 이고, 공기 저항은 무시한다.)

- 보기
- ㉠ 물체가 떨어지는 데 걸린 시간은 B가 A보다 크다.
 - ㉡ 던진 속력은 C가 B보다 크다.
 - ㉢ 가속도의 크기는 A가 C보다 크다.

- ① ㉠ ㉡ ③ ㉠, ㉡
 ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

02 그림은 공 A를 수평으로 던지는 순간 공 B를 가만히 떨어뜨릴 때 A, B의 위치를 일정한 시간 간격으로 나타낸 것이다.



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

- 보기
- ㉠ A는 수평 방향으로 등속도 운동을 한다.
 - ㉡ A와 B가 같은 시간 동안 떨어진 높이는 같다.
 - ㉢ 가속도의 크기는 A가 B보다 크다. (동대수)

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉡
 ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

[03~04] 건물의 옥상에서 운동장으로 야구공을 20 m/s의 속도로 수평 방향으로 던졌더니 2초 후에 운동장에 떨어졌다. 물체에 답하시오(단, 중력 가속도는 10 m/s^2 이고, 공기 저항은 무시한다.).

03 옥상의 높이는 몇 m인지 구하시오.

Handwritten solution for Q3: $H = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 4 = 20 \text{ m}$. Diagram shows a ball thrown horizontally from height H with initial velocity 20m/s, falling 20m to the ground.

04 야구공은 건물의 끝에서 수평 방향으로 몇 m 이동한 거리에 떨어지는지 구하시오.

Handwritten solution for Q4: $x = v_0t = 20 \times 2 = 40 \text{ m}$. Diagram shows a ball thrown horizontally from height H, landing 40m away.

05 그림은 지면으로부터 높이가 H 인 언덕에서 수평으로 물체를 던졌을 때 물체가 지면에 도달할 때까지 수평으로 날아간 거리가 L 인 모습을 나타낸 것이다.

Handwritten solution for Q5: $H = \frac{1}{2}gt^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$. $L = v_0t \Rightarrow v_0 = L\sqrt{\frac{g}{2H}}$. Diagram shows a ball thrown horizontally from height H, landing L distance away.

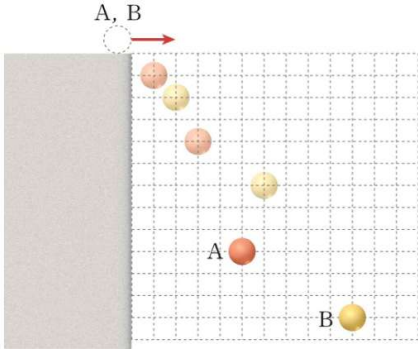
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g 이고, 공기 저항은 무시한다.)

- 보기
- ㉠ 물체가 떨어지는 데 걸린 시간은 $\sqrt{\frac{2H}{g}}$ 이다.
 - ㉡ 물체를 던진 속력은 $L\sqrt{\frac{g}{2H}}$ 이다.
 - ㉢ 던지는 속력만 2배로 하면 날아간 거리가 2L이 된다. $x_0 = v_0t$

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉡
 ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

√ 그림해번

06 그림은 같은 높이에서 수평 방향으로 던진 물체 A, B의 위치를 동일한 시간 간격으로 나타낸 것이다.

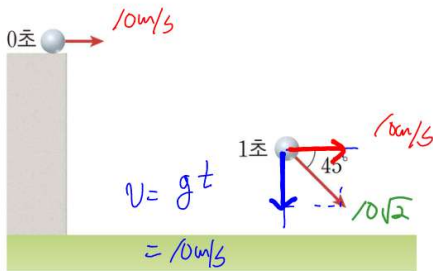


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 공기 저항은 무시한다.)

- 보기
- 가. A와 B가 동시에 던져졌다.
 - 나. 던진 속력은 B가 A의 2배이다.
 - 다. 지면에 떨어지는 데 걸린 시간은 B가 A보다 작다.

- ① 가 ② 나 ③ 가, 나
 ④ 나, 다 ⑤ 가, 나, 다

07 그림은 높은 곳에서 0초일 때 수평으로 던진 물체가 낙하하여 1초일 때 운동 방향이 수평과 45°의 각도를 이루는 모습을 나타낸 것이다.

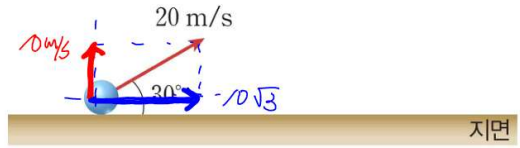


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 10 m/s²이고, 공기 저항은 무시한다.)

- 보기
- 가. 던진 속력은 ~~20~~ m/s이다.
 - 나. 1초일 때 물체의 속력은 $10\sqrt{2}$ m/s이다.
 - 다. 0초부터 1초까지 물체가 낙하한 높이는 5 m이다.

- ① 가 ② 나 ③ 가, 나 $h = \frac{1}{2}gt^2 = 5m$
 ④ 나, 다 ⑤ 가, 나, 다

[08~10] 그림은 지면과 30°의 방향으로 물체를 20 m/s의 속도로 발사하는 모습을 나타낸 것이다. 물체에 답하시오 (단, 중력 가속도는 10 m/s²이고, 공기 저항은 무시한다.)



08 최고점의 높이는 몇 m인지 구하시오.

$$① h = \frac{v_0^2 \sin^2 \theta}{2g} = \frac{100}{2 \times 10} = 5m$$

$$② h = \frac{1}{2}gt^2, \quad v = v_y - gt, \quad v = 0 \Rightarrow t = \frac{v_y}{g} = \frac{10}{10} = 1s$$

$$h = \frac{v_y^2}{2g} = \frac{10^2}{2 \times 10} = 5m$$

09 수평 도달 거리는 몇 m인지 구하시오.

$$t_H = \frac{v_y}{g} = \frac{10}{10} = 1s$$

$$R_H = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g} = \frac{100 \sin 60^\circ}{10} = 10\sqrt{3}m$$

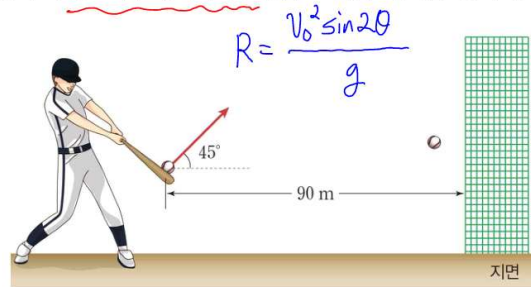
$$R_H = v_x \times 2t_H = 10\sqrt{3} \times 2 \times 1 = 20\sqrt{3}m$$

10 물체가 날아가는 시간은 몇 초인지 구하시오.

$$t_H = \frac{v_y}{g} = \frac{v_0 \sin \theta}{g} = \frac{10}{10} = 1s$$

$$\therefore 2t_H = 2s$$

11 그림은 야구 방망이에 맞아 지면과 45°의 각도로 날아가는 야구공의 수평 도달 거리가 90 m인 모습을 나타낸 것이다.

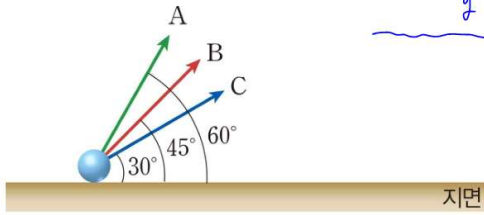


야구공이 방망이에 맞은 직후 날아가는 처음 속력은? (단, 중력 가속도는 10 m/s²이고, 공기 저항은 무시한다.)

- ① 10 m/s ② 20 m/s ③ 30 m/s
 ④ 40 m/s ⑤ 50 m/s
- $90m = \frac{v_0^2 \times 1}{10}$

12 그림은 지면에서 던지는 속력을 일정하게 유지하고 던지는 각도를 각각 60° , 45° , 30° 로 다르게 한 A, B, C 방법으로 동일한 물체를 던지는 모습을 나타낸 것이다.

$$R = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}$$

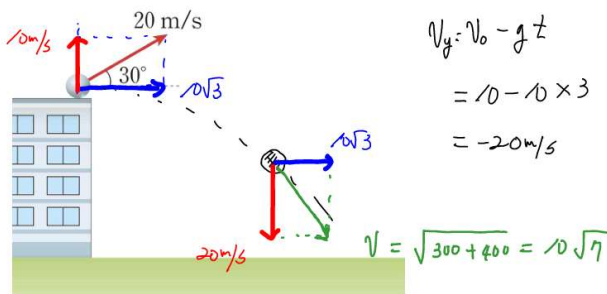


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?(단, 공기 저항은 무시한다.)

- 보기
- ㄱ. 수평 도달 거리는 A가 C보다 ~~크다~~.
 - ㄴ. 날아가는 시간은 B가 C보다 크다. → 틀리. 낙속속도
 - ㄷ. 날아가는 동안 A와 B의 가속도는 같다. → ↓g

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
~~④ ㄴ, ㄷ~~ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

13 그림은 높은 건물 옥상에서 수평과 30° 의 방향으로 물체를 20 m/s 의 속도로 던지는 모습을 나타낸 것이다.



$$v_y = v_0 - g t$$

$$= 10 - 10 \times 3$$

$$= -20 \text{ m/s}$$

$$v = \sqrt{300 + 400} = 10\sqrt{7}$$

물체를 던진 순간부터 3초가 지난 순간의 속력은?(단, 중력 가속도는 10 m/s^2 이고, 공기 저항은 무시한다.)

- ① 10 m/s ② $10\sqrt{3} \text{ m/s}$ ③ 20 m/s
 ④ $10\sqrt{5} \text{ m/s}$ ⑤ $10\sqrt{7} \text{ m/s}$

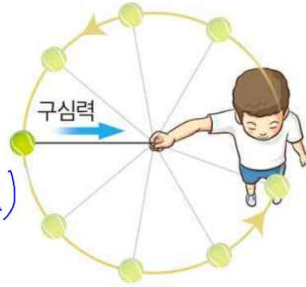
단원명	I. 역학적 상호작용 (2) 행성의 운동과 상대성	1. 등속 원운동
성취기준	[12물리Ⅱ01-05] 구심력을 이용하여 등속 원운동을 설명할 수 있다.	

◎ 등속 원운동

1. ㉑ **등속원운동** : 일정한 속력으로 원 궤도를 따라 움직이는 운동

① 속력은 일정하지만 원 궤도의 접선 방향으로 운동 방향이 계속 변하는 ㉒ **가속도** 운동이다.

② ㉓ **구심력** : 등속 원운동 하는 물체에 작용하는 알짜힘이다.



확인 1 다음 ㉑, ㉒에 들어갈 알맞은 말을 써 보자.

일정한 속력으로 원 궤도를 도는 ㉑ ()은 속력이 일정하지만 운동 방향이 계속 변하므로 속도가 계속 변하는 ㉒ () 운동이다.

㉑ 등속원운동

㉒ 가속도

◎ 구심 가속도

1. ㉔ **구심가속도** : 등속 원운동 하는 물체의 가속도

① 등속 원운동 하는 물체의 가속도는 ㉕ **구심력** 에 비례한다.

② 가속도의 크기는 일정하고, 방향은 원의 중심을 향하므로 계속 변한다.

2. 구심 가속도의 방향

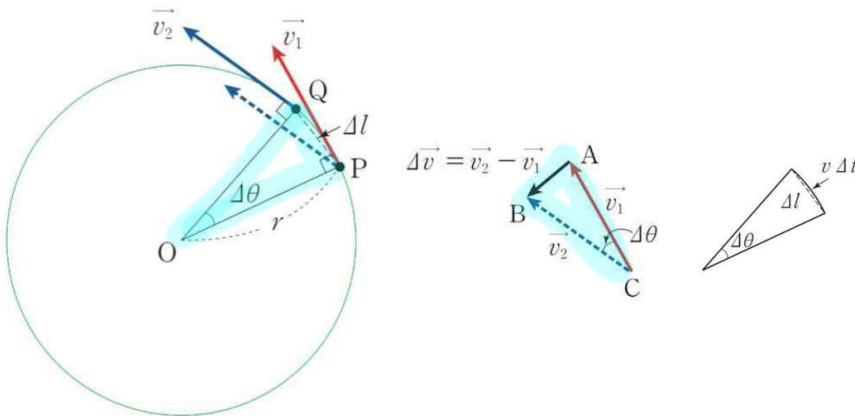
① $\triangle POQ$ 와 $\triangle ACB$ 는 삼각형 닮음 조건으로 $\frac{\Delta v}{v} = \frac{\Delta l}{r}$ 이다. $\Rightarrow \frac{\Delta v}{v} = \frac{v\Delta t}{r} \Rightarrow \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v^2}{r}$

② Δt 가 매우 짧다면 $\Delta l = v\Delta t$ 이므로 가속도의 정의에 따라 등속 원운동 하는 물체의 가속도 크기는 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v^2}{r}$ 이다. 가속도의 방향은 $\Delta \vec{v}$ 의 방향이므로 원의 중심 방향이다.

③ 일정한 속력 v 로 반지름이 r 인 원 궤도를 등속 원운동 하는 물체의 가속도의 크기는 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v^2}{r}$ 이다.

→ 가속도 방향은 속도 변화량 Δv 의 방향과 같으므로 운동 방향에 수직인 원의

㉖ **중심** 방향이다.



확인 2 등속 원운동에 대한 설명으로 옳은 것은 O, 옳지 않은 것은 X표 하시오.

- (1) 속도가 일정하고 운동 방향이 계속 변한다. (X)
- (2) 가속도의 방향이 원의 중심을 향하므로 계속 변한다. (O)
- (3) 등속 원운동 하는 물체에 작용하는 알짜힘을 구심력이라고 한다. (O)

※ 각속도

$$\omega = \frac{\Delta \theta}{\Delta t}$$

⇒ 시간당 각의 변화량

깊고 간절하 마음은 닿지 못하는 곳이 없다네!

학년 반 번 이름:



※ 호도법
 $\theta = \frac{l}{r}$

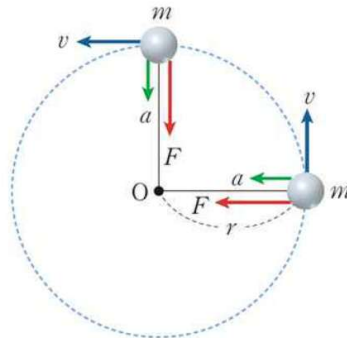
3. 구심 가속도의 크기: 등속 원운동 하는 물체가 이동하는 동안 벌어지는 각도 $\Delta\theta$ 를 라디안으로 나타내면 $\Delta\theta = \frac{v\Delta t}{r}$ 이므로 물체의 각속도는 $\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{v}{r}$ 이다. 따라서 등속 원운동하는 물체의 구심 가속도의 크기는 다음과 같다.

$$a = \frac{v^2}{r} = \frac{(r\omega)^2}{r} = r\omega^2$$

$\Rightarrow l = r\theta$
 $\Rightarrow \frac{dl}{dt} = r \frac{d\theta}{dt}$
 $\Rightarrow v = r\omega$

◎ 구심력

- ① 구심력 : 물체가 등속 원운동을 하기 위해 원의 중심 방향으로 가속도를 생기게 하는 물체에 작용하는 알짜힘
- 구심력의 크기: 질량 m 인 물체가 속력 v 로 등속 원운동을 할 때 물체에 작용하는 구심력은 뉴턴 운동 제2법칙 $F=ma$ 에서 다음과 같이 나타낼 수 있다.



구심력 = 질량 × 가속도 $\Rightarrow F = ma = m \frac{v^2}{r} = m r \omega^2$ 임기

확인 3 반지름이 10 m인 원 궤도를 따라 5π m/s의 일정한 속력으로 운동하는 질량이 2 kg인 공이 있다. 이 공의 구심 가속도의 크기와 구심력의 크기를 구해 보자. ① ②

① $a = \frac{v^2}{r} = \frac{(5\pi \text{ m/s})^2}{10 \text{ m}} = 2.5\pi^2 \text{ m/s}^2$

② $F = ma = 2 \text{ kg} \times 2.5\pi^2 \text{ m/s}^2 = 5\pi^2 \text{ N}$

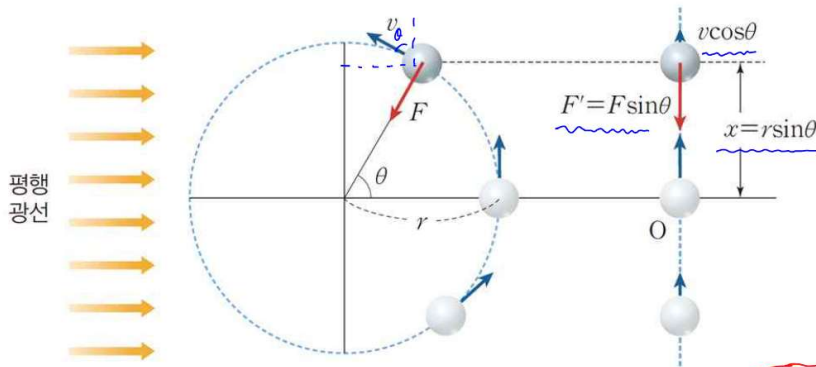
◎ 등속 원운동을 하는 예 \Rightarrow 이 세 예가 구심력 역할을 하는지 찾아야 함.

<p>지구 주위를 도는 인공위성</p>	<p>지구 주위를 도는 인공위성에 작용하는 ② 만유인력 이 구심력이다.</p> $G \frac{Mm}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$	
<p>원자 내 전자의 운동</p>	<p>원자핵과 전자 사이에 작용하는 ③ 전기력 이 구심력이다.</p> $k \frac{Qq}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$	
<p>원형 도로</p>	<p>원형으로 만든 도로를 회전하는 자동차에 작용하는 ④ 마찰력 이 구심력이다.</p> $\mu N = \frac{mv^2}{r}$	

놀이공원의 관람차	관람차는 회전할 때 작용하는 여러 힘의 합인 ㉞ 알짜힘 이 구심력이다. $F = \frac{mv^2}{r}$	
-----------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

◎ 등속 원운동을 하는 물체의 그림자 운동

1. ㉞ 단진동 : 등속 원운동을 하는 물체의 그림자처럼 O를 중심으로 왕복 운동 하는 물체의 운동



2. 단진동하는 질량 m 인 물체에 작용하는 알짜힘 \Rightarrow 용수철의 복원력과 비슷 $F = -kx$ k (회상수, force constant)

$$F' = F \sin \theta = -\frac{mv^2}{r} \sin \theta = -m\omega^2 r \sin \theta = -m\omega^2 x = -kx$$

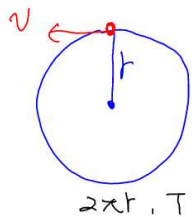
① $k = m\omega^2$ 은 상수이다.

$$v = r\omega$$

② 탄성력은 $F = -kx$ 이므로 용수철에 매달려 ㉞ 탄성력 에 의하여 움직이는 물체의 운동은 단진동이다.

3. 단진동하는 물체의 주기: 등속 원운동 하는 물체의 속력은 일정하므로 물체의 주기는 다음과 같다.

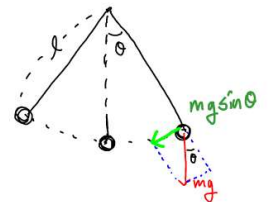
$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{k}{m}}} \quad (\because k = m\omega^2)$$



$$v = \frac{2\pi r}{T} \quad \omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$v = r\omega$$

* 단진동의 주기 $\Rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$



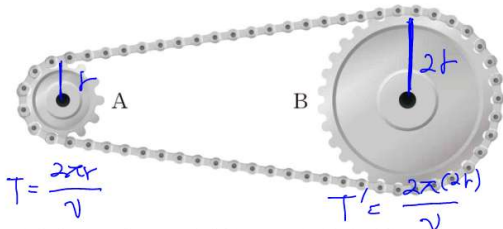
$$F = -mgsin \theta \approx -mg\theta \quad (\theta \text{가 작을 때})$$

$$\therefore F = -mg \frac{x}{l} = -m \frac{g}{l} x = -m \omega^2 x$$

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}} \quad T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

단원명	I. 역학적 상호작용 (2) 행성의 운동과 상대성	1. 등속 원운동
성취기준	[12물리 II01-05] 구심력을 이용하여 등속 원운동을 설명할 수 있다.	

01 그림은 반지름의 비가 1 : 2인 톱니바퀴 A와 B를 체인에 연결하고 손잡이를 돌려 B를 등속 원운동시키는 모습을 나타낸 것이다.



A의 물리량이 B보다 큰 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㉠. 주기
 - ㉡. 회전수
 - ㉢. 각속도

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉡
 ④ ㉠, ㉡ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

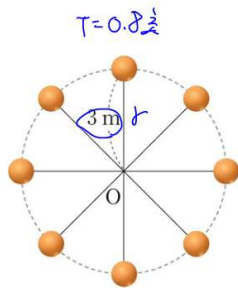
$1. \omega = \frac{2\pi f}{T} \downarrow$ $2. v = \frac{2\pi r}{T} = 2\pi r f \uparrow$ $3. \omega = \frac{v}{r} \downarrow$

02 다음은 원운동에 적용할 수 있는 공식들을 나타낸 것이다. () 안에 들어갈 알맞은 말을 쓰시오.

- 속도 = 반지름 × () $v = r\omega$
- 구심 가속도 = $\frac{\text{속력}^2}{\text{반지름}}$ = 반지름 × ()² $a = r\omega^2$

$a = \frac{v^2}{r} = r\omega^2$

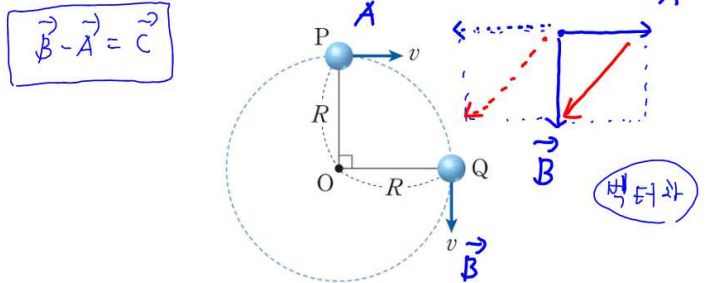
03 그림은 반지름이 3 m인 원 궤도를 따라 일정한 속력으로 회전하는 물체의 위치를 0.1초마다 나타낸 것이다. 물체의 각속도와 가속도의 크기를 옳게 짝지은 것은?



- | | 각속도(rad/s) | 가속도(m/s ²) |
|---------------------------------------|------------------|------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> ① | $\frac{5\pi}{2}$ | $\frac{75\pi^2}{4}$ |
| ② | $\frac{5\pi}{2}$ | $\frac{75\pi^2}{2}$ |
| ③ | 5π | $75\pi^2$ |
| ④ | 10π | $100\pi^2$ |
| ⑤ | 10π | $900\pi^2$ |

$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0.8} = \frac{5}{2}\pi$
 $a = r\omega^2 = 3 \times \left(\frac{5}{2}\pi\right)^2 = \frac{75}{4}\pi^2$

04 그림은 반지름이 R이고 중심이 O인 원 궤도를 일정한 속력 v로 운동하는 물체가 P에서 Q로 이동하는 모습을 나타낸 것이다.

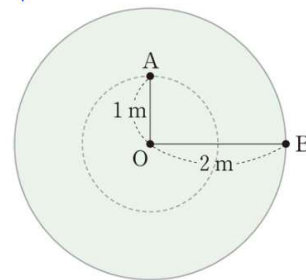


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㉠ P에서 Q까지 속도 변화량의 크기는 $\sqrt{2}v$ 이다.
 - ㉡ 가속도의 크기는 $\frac{v^2}{R}$ 이다.
 - ㉢ 가속도의 방향은 일정하다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉡
 ④ ㉠, ㉡ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

[05~07] 그림은 원판 위의 두 점 A, B가 원판과 함께 등속 원운동 하는 모습을 나타낸 것이다. 원판의 회전 주기는 π이고, A, B의 회전 반지름은 각각 1 m, 2 m이다. 물음에 답하시오.



05 A와 B의 각속도의 크기를 각각 쓰시오.
 $\omega = \frac{\theta}{\Delta t} = \frac{2\pi}{T}$ $\omega_A = \omega_B = \frac{2\pi}{\pi} = 2 \text{ rad/s}$

06 A와 B의 속력을 각각 쓰시오.
 $v = \frac{2\pi r}{T} = r\omega$ $v_A = 2 \times 1 = 2 \text{ m/s}$
 $v_B = 2 \times 2 = 4 \text{ m/s}$

07 A와 B의 가속도의 크기를 각각 쓰시오.
 $a = \frac{v^2}{r} = r\omega^2$ $a_A = 1 \times 2^2 = 4 \text{ m/s}^2$
 $a_B = 2 \times 2^2 = 8 \text{ m/s}^2$

깊고 간절한 마음은 닿지 못하는 곳이 없다네!

학년 반 번 이름:

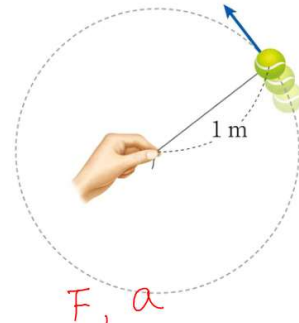
08 등속 원운동 하는 물체에 작용하는 알짜힘에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㉠ 크기가 일정하다.
- ㉡ 방향이 계속 변한다.
- ㉢ 물체의 속력을 증가시킨다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉡
 ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

10 그림은 길이가 1 m인 줄에 물체를 매달아 등속 원운동을 시키는 모습을 나타낸 것이다.



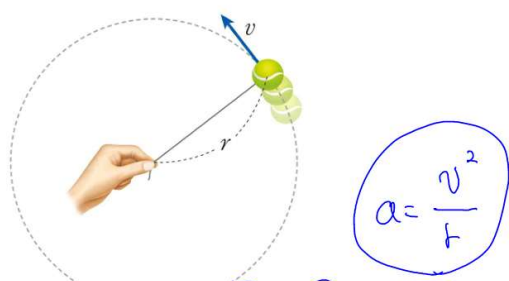
줄을 잡아당기는 힘의 크기를 동일하게 유지하고 줄의 길이만 4 m로 증가시켰을 때 물체의 속력은 몇 배가 되는지 풀이 과정을 포함하여 구하시오.

F, a

① $F = \frac{m v^2}{r}$
 $v \uparrow$
 $r \uparrow 4배$

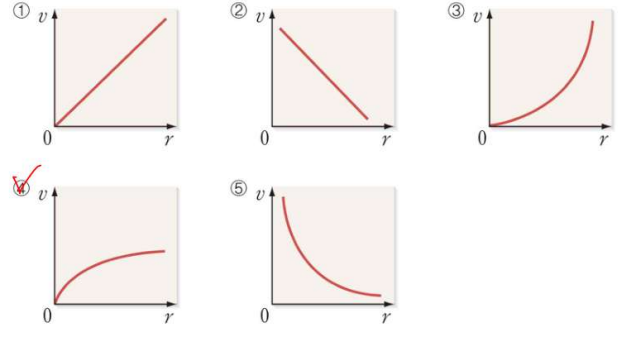
② $v = \sqrt{\frac{F r}{m}}$
 $v \uparrow 2배$
 $F \uparrow 4배$

09 그림은 줄에 매달린 물체가 회전 반지름이 r , 회전 속력이 v 인 등속 원운동 하는 모습을 나타낸 것이다.



v 는 2배 커짐



줄을 잡아당기는 힘의 크기를 일정하게 유지할 때 r 와 v 사이의 관계를 옳게 나타낸 것은?(단, 줄의 질량은 무시한다.)




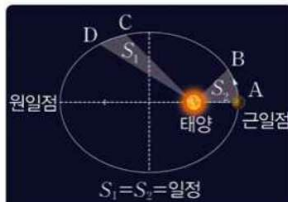
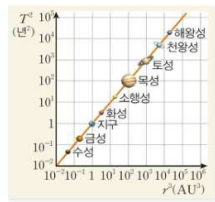
단원명	I. 역학적 상호작용 (2) 행성의 운동과 상대성 2. 행성의 운동
성취기준	[12물리Ⅱ01-06] 행성의 운동에 대한 케플러 법칙이 뉴턴의 중력 법칙을 만족함을 설명할 수 있다.

◎ 케플러 법칙

1. 행성의 운동

<p>① 천동설</p> <p>태양계의 천체들이 지구를 중심으로 공전하고 있다는 우주관</p> <p>프톨레마이오스 (Ptolemaeos, K., 857~1657)</p>  <p>모든 천체는 지구를 중심으로 원운동을 하는 거야.</p>	<p>② 지동설</p> <p>태양을 중심으로 행성들이 그 주위를 회전한다는 우주관</p> <p>코페르니쿠스 (Copernicus, N., 1473~1543)</p>  <p>태양을 우주의 중심으로 하면 천체의 움직임을 훨씬 간단하게 설명할 수 있지.</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

2. 케플러 법칙

<p>제1법칙</p> <p>③ 타원궤도법칙</p> <p>행성은 태양을 하나의 초점으로 하는 타원 궤도를 그리면서 공전한다.</p>  <p>원일점, 초점, 근일점, 행성, 태양, $r_1 + r_2 = \text{일정}$</p>	<p>제2법칙</p> <p>④ 면적속도일률법칙</p> <p>행성과 태양을 연결하는 가상적인 선분이 같은 시간 동안 쓸고 지나가는 면적은 항상 같다.</p>  <p>원일점, 태양, 근일점, $S_1 = S_2 = \text{일정}$</p>	<p>제3법칙</p> <p>⑤ 조화법칙</p> <p>행성의 공전 주기의 제곱은 타원 궤도 긴반지름의 세제곱에 비례한다.</p> <p>→ $T^2 \propto r^3$</p>  <p>T^2 (년²), r^3 (AU³)</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

확인 1 17 세기에 케플러는 스승인 티코 브라헤의 관측 자료를 분석하여 행성의 운동에 관한 세 가지 법칙인 ()을 발표하였다.

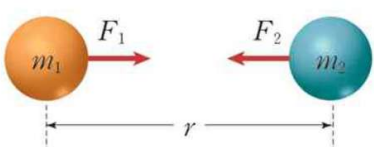
케플러법칙

확인 2 공전 주기가 1년인 행성이 있다. 긴반지름이 이 행성보다 4 배 큰 행성이 있다면, 이 행성의 공전 주기는 몇 년인지 구해 보자.

8년

◎ 만유인력 법칙

- ⑥ 만유인력 : 질량을 가진 두 물체 사이에 물체를 잇는 선분 방향으로 서로 끌어당기는 힘
- ⑦ 만유인력 법칙 : 두 물체 사이의 만유인력의 크기는 두 물체의 질량의 곱에 비례하고 두 물체 사이의 거리의 제곱에 반비례한다.
- 만유인력의 크기와 방향: 질량이 각각 m_1, m_2 인 두 물체가 거리 r 만큼 떨어져 있을 때 두 물체 사이에 작용하는 힘 F 의 크기는 다음과 같다.



$$F_1 = F_2 = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

(만유인력 상수 $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$)

$$T^2 \propto r^3$$

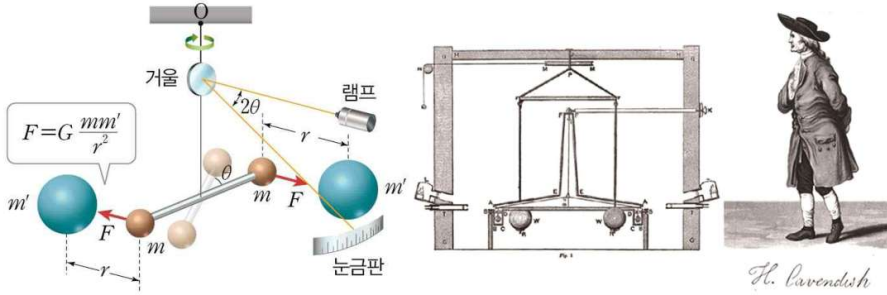
$$T \propto \sqrt{r^3}$$

$$\propto \sqrt{(2^3)^3}$$

$$\propto 8$$

4. 만유인력의 측정: 뉴턴이 만유인력 법칙을 발표한 후 100여 년이 지나서 캐번디시가

⑧ 바늘과 자 을 이용하여 실험실에서 만유인력을 측정하는데 성공하였다.



◎ 중력 가속도

1. ⑨ 중력 가속도 : 지구의 만유인력 때문에 물체가 갖게 되는 가속도 → 물체가 만유인력만 받아 자유 낙하 운동 할 때의 가속도와 같다.

2. 지구 질량을 M , 지구 반지름을 R 라고 할 때 지표면에서 높이 h 에 있는 질량이 m 인 물체에 작용하는 중력은 $F = G \frac{Mm}{r^2} = G \frac{Mm}{(R+h)^2}$ 이다. h 는 지구의 반지름 R 보다 아주 작으므로 중력 가속도 g 는 다음과 같다.

$$F = G \frac{Mm}{R^2} = mg \rightarrow g = \left(G \frac{M}{R^2} \right) = 9.8 \text{ m/s}^2$$

3. 중력 가속도의 크기와 방향: 만유인력 상수, 지구 질량, 지구 평균 반지름을 넣어 계산하면 지표면 근처에서 약 9.8 m/s² 로 거의 일정하며, 방향은 지구 중심이다.

6.67×10^{-11} 5.97×10^{24} 6400 km

◎ 만유인력 법칙과 케플러 법칙

1. 행성은 태양의 만유인력 을 구심력으로 하여 등속 원운동 한다고 생각할 수 있다.
2. 반지름이 r 인 원 궤도를 주기 T 로 공전하는 행성의 속력은 $v = \frac{2\pi r}{T}$ 이다.
3. 등속 원운동 하는 물체의 알짜힘이 구심력이므로 $F = \frac{mv^2}{r} = \frac{m}{r} \left(\frac{2\pi r}{T} \right)^2$ 이다.
4. 행성에 작용하는 알짜힘은 만유인력이므로 태양의 질량을 M 이라고 하면 다음과 같다.

$$F = G \frac{mM}{r^2} = \frac{m}{r} \left(\frac{2\pi r}{T} \right)^2 \rightarrow T^2 = \frac{4\pi^2}{GM} r^3$$

→ 이 식은 케플러 제3법칙인 조화 법칙 $T^2 \propto r^3$ 을 의미하므로 뉴턴은 만유인력 법칙으로 케플러 법칙을 설명할 수 있었다.

확인 3 케플러 법칙과 만유인력 법칙에 대한 설명으로 옳은 것은 O, 옳지 않은 것은 X표 하시오.

- (1) 케플러 법칙은 행성의 운동만 설명할 수 있고, 지구 주위를 도는 인공위성의 운동은 설명할 수 없다. (X)
- (2) 만유인력 법칙을 발표한 후 100여년이 지나서 캐번디시에 의해 측정하는데 성공하였다. (O)
- (3) 지구의 만유인력 때문에 물체가 갖게 되는 가속도를 구심 가속도라고 한다. (X)
- (4) 뉴턴은 케플러 법칙으로 자신의 만유인력 법칙을 설명할 수 있었다. (X)

반대로 설명

◎ 인공위성의 운동

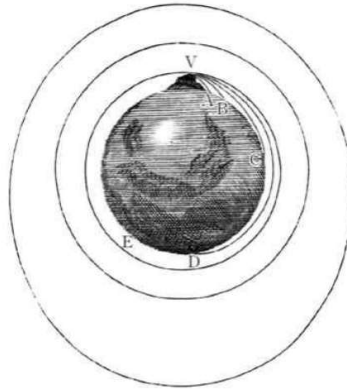
1. 뉴턴 대포

① 산꼭대기에서 발사된 포탄은 지면으로 떨어진다. →

⑮ 만유인력 에 의하여 포탄이 지구 중심으로 끌려가기 때문이다.

② 포탄의 속력이 충분히 크면 포탄이 만유인력에 의하여 지구 중심으로 끌려가도 지구는 둥글기 때문에 지면에 닿지 않고 지구 주위를 계속 돌 수 있다.

→ 이것이 ⑯ 인공위성 의 원리이다.

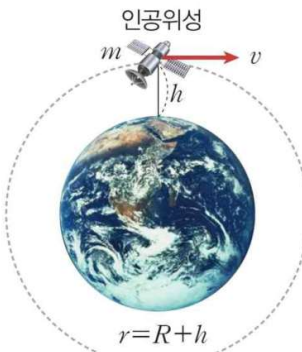


2. 인공위성의 운동

① 인공위성에 작용하는 힘: 지구의 ⑮ 중력 이 구심력으로 작용한다.

② 인공위성의 속력: $F = \frac{mv^2}{R+h} = G \frac{mM}{(R+h)^2}$ →

구심력 중력



③ 인공위성의 주기: 인공위성의 공전 주기 T 는 다음과 같으며 높이 h 가 클수록 주기가 길어진다.

$$T = \frac{2\pi(R+h)}{v} = \frac{2\pi(R+h)^{3/2}}{\sqrt{GM}} \rightarrow T^2 = \frac{4\pi^2}{GM} (R+h)^3$$

④ 공전 주기의 제곱이 궤도 반지름의 세제곱에 비례하므로 인공위성의 운동도

⑮ 케플러 법칙을 만족한다.

확인 4 두 인공위성 A, B가 궤도 반지름 $r, 2r$ 로 지구 주위를 공전하고 있다. 두 인공위성 A, B의 속력의 비는 얼마인지 구해 보자.

$$v = \sqrt{\frac{GM}{R+h}}$$

$r, 2r$

$$v_A : v_B = \sqrt{2} : 1$$

기각인 < 강이내용



단원명	I. 역학적 상호작용 (2) 행성의 운동과 상대성 2. 행성의 운동
성취기준	[12물리II01-06] 행성의 운동에 대한 케플러 법칙이 뉴턴의 중력 법칙을 만족함을 설명할 수 있다.

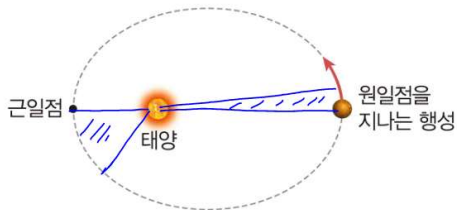
01 다음은 케플러 법칙을 정리한 글이다.

태양계의 모든 행성은 (태양)을 하나의 초점으로 하는 (타원) 궤도를 운동한다. 각 행성의 공전 주기의 제곱은 그 궤도의 (긴반지름)의 세제곱에 비례한다.

() 안에 들어갈 알맞은 말을 옳게 짝 지은 것은?

- | | | | |
|---|------|----|--------|
| | ㉠ | ㉡ | ㉢ |
| ① | 달 | 원 | 짧은 반지름 |
| ② | 달 | 타원 | 긴반지름 |
| ③ | 태양 | 원 | 짧은 반지름 |
| ④ | 태양 | 타원 | 긴반지름 |
| ⑤ | 인공위성 | 타원 | 긴반지름 |

02 그림은 행성이 태양을 한 초점으로 하는 타원 궤도의 원일점을 지나는 모습을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

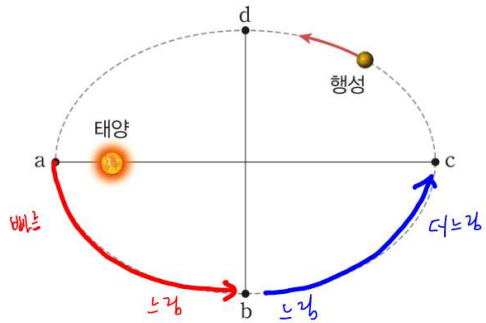
㉠. 행성의 속력은 원일점에서 가장 느리다.

㉡. 원일점에서 태양과 행성이 서로에게 작용하는 만유인력의 크기는 같다.

㉢. 원일점에서 근일점으로 운동하는 동안 행성에 작용하는 만유인력의 크기는 증가한다. $F = G \frac{Mm}{r^2}$

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

03 그림은 태양 주위를 돌고 있는 행성이 타원 궤도의 점 a, b, c, d를 따라 운동하는 모습을 나타낸 것이다. a는 근일점, c는 원일점, b와 d는 각각 a와 c로부터 같은 거리에 있는 점이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

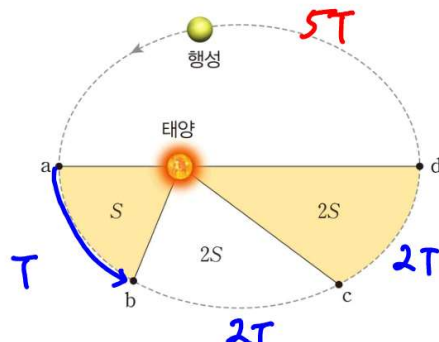
㉠. 속력은 a에서가 c에서보다 느리다.

㉡. 행성이 운동하는 데 걸린 시간은 a에서 b까지가 b에서 c까지보다 작다.

㉢. c에서 d로 운동하는 동안 가속도의 크기는 감소한다. $F = m\alpha = m \times G \frac{M}{r^2}$

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

04 그림은 행성이 태양을 한 초점으로 하는 타원 궤도의 점 a, b, c, d를 따라 운동하는 것을 나타낸 것이다. 행성이 a에서 b까지, b에서 c까지, c에서 d까지 이동하는 동안 행성과 태양을 연결한 직선이 지나간 면적은 각각 S, 2S, 2S이다. a와 d는 각각 근일점과 원일점이고, 행성이 a에서 b까지 이동하는 데 걸린 시간은 T이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

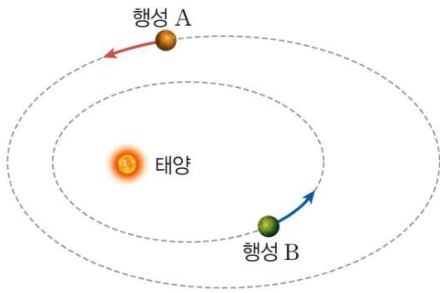
㉠. 공전 주기는 10T이다.

㉡. 속력은 a에서가 b에서보다 빠르다. $\downarrow \alpha = \frac{GM}{r^2}$

㉢. c에서 d까지 운동하는 동안 행성의 가속도의 크기는 작아진다. $\uparrow r$

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

05 그림과 같이 행성 A, B가 각각 태양을 한 초점으로 하는 타원 궤도를 따라 운동하고 있다.

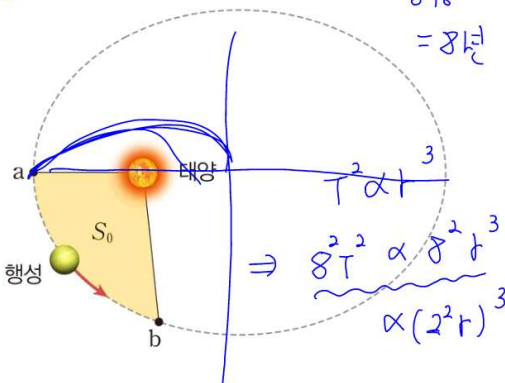


A, B가 각각 한 주기 동안 운동할 때에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?(단, 두 궤도는 동일면상에 있다.)

- 보기
- ㄱ. A의 속력은 일정하다.
 - ㄴ. B의 가속도 크기는 일정하다.
 - ㉔. 공전 주기는 A가 B보다 크다.

- ① ㄱ ② ㉔ ③ ㄱ, ㉔
 ④ ㄴ, ㉔ ⑤ ㄱ, ㉔, ㉔

06 그림은 태양을 한 초점으로 하는 타원 궤도를 따라 운동하는 행성을 나타낸 것이다. 행성이 근일점인 a 지점에서 b 지점으로 진행하는 동안 행성과 태양을 이은 직선이 휩쓸고 간 면적은 S_0 일 때, 걸린 시간은 1년이고, 타원 궤도의 전체 넓이는 $8S_0$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?(단, 지구 공전 궤도의 긴반지름은 1 AU이다.)

- 보기
- ㄱ. 속력은 b에서가 a에서보다 빠르다.
 - ㉔. 행성의 가속도 크기는 a에서가 b에서보다 크다.
 - ㉔. 행성 궤도의 긴반지름은 4 AU이다.

- ① ㄱ ② ㉔ ③ ㄱ, ㉔
 ④ ㉔, ㉔ ⑤ ㄱ, ㉔, ㉔

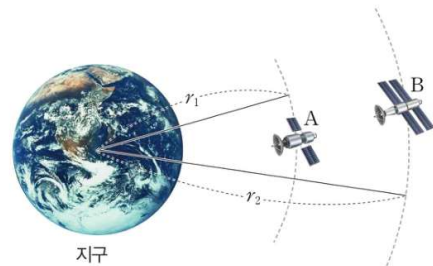
07 표는 행성을 한 초점으로 하여 행성 주위의 타원 궤도를 따라 운동하고 있는 두 위성 A, B의 질량, 긴반지름, 공전 주기를 나타낸 것이다.

위성	질량	긴반지름	공전 주기
A	$2m$	r	T
B	m	$2r$	T_1

위성 B의 공전 주기 T_1 는?

- ① $\frac{T}{2}$ ② $\frac{\sqrt{2}}{2}T$ ③ $\sqrt{2}T$
 ④ $2T$ ⑤ $2\sqrt{2}T$
- Handwritten notes: $T^2 \propto r^3$, $T_1 \propto \sqrt{(2r)^3} \propto 2\sqrt{2}T$

08 그림은 인공위성 A, B가 반지름이 각각 r_1, r_2 인 지구 주위의 원 궤도를 따라 등속 원운동 하는 모습을 나타낸 것이다.



A, B의 공전 속력의 비 $v_1 : v_2$ 는?

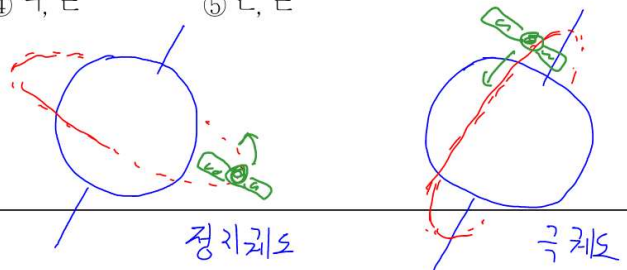
- ① $r_1 : r_2$
 ② $r_2 : r_1$
 ③ $\sqrt{r_1} : \sqrt{r_2}$
 ④ $\sqrt{r_2} : \sqrt{r_1}$
 ⑤ $r_1^2 : r_2^2$

Handwritten derivation: $G \frac{Mm}{r^2} = \frac{mv^2}{r} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$

09 통신 위성으로 사용하는 정지 위성에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 공전 속력이 0이다.
 - ㉔. 공전 주기가 하루이다.
 - ㉔. 북극과 남극을 지나는 궤도를 운동한다.

- ① ㉔ ② ㉔ ③ ㄱ, ㉔
 ④ ㄱ, ㉔ ⑤ ㄴ, ㉔



단원명	I. 역학적 상호작용 (2) 행성의 운동과 상대성 3. 등가 원리
-----	--------------------------------------

성취기준 [12물리II01-07] 가속 좌표계 개념을 이용하여 등가 원리를 설명할 수 있다.

◎ 가속 좌표계 → $\begin{matrix} \uparrow y \\ \rightarrow x \\ \downarrow z \end{matrix}$ (시간) (공간) 측정할 수 있는 체계 \Rightarrow 세상을 인식

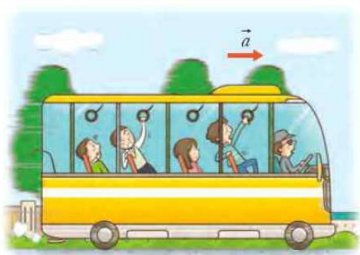
1. 기준 좌표계: 물체의 위치와 시간을 측정하기 위해 기준점으로부터 떨어진 거리와 시간이 표시된 좌표계 \rightarrow 관성법칙이 성립하는 좌표계

① ① 관성좌표계: 정지해 있거나 등속 운동 하는 관찰자를 기준으로 하는 좌표계

예 등속 운동하는 버스를 타고 있는 관찰자를 기준으로 하는 좌표계

② ② 가속 좌표계 (비관성 좌표계): 가속 운동 하는 좌표계

방향은 변하지 않으면서 속력이 점점 빨라지거나 느려지는 좌표계	속력은 일정하면서 방향만 변하는 원운동 하는 좌표계
------------------------------------	------------------------------



관찰자는 버스 안의 관찰자나 버스 밖의 관찰자나 자신의 좌표계에서 물체의 위치와 시간이 가속 운동 한다고 기록한다.



회전 운동 하고 있는 놀이 기구 안의 관찰자는 자신의 좌표계가 돈다고 생각하지 않고 주변의 회전한다고 관찰하고 기록한다.

확인 1 특수 상대성 이론에서 설명할 수 없는 좌표계로 관성 법칙을 만족하지 않는 좌표계를 써 보자.

가속좌표계

◎ 관성력

1. ③ 관성력: 가속도 운동 하는 모든 좌표계에서 관찰자가 느끼는 가상적인 힘

① 크기: 물체의 질량과 가속 좌표계의 가속도를 곱한 값

② 방향: 항상 가속도의 방향과 반대

$$\vec{F}_{\text{관}} = -m\vec{a}$$

2. 가속 운동 하는 버스에서 관성력

확인 2 가속도 운동 하고 있는 좌표계의 관찰자가 가속도 운동으로 인해 느끼는 가상적인 힘을 ()이라고 한다.

관성력

구분	버스 밖에서 관찰한 손잡이	버스 안에서 관찰한 손잡이
운동 모습		
작용한 힘	줄이 당기는 힘, 중력	줄이 당기는 힘, 중력, 관성력
손잡이 운동	<ul style="list-style-type: none"> ④ <u>가속도운동</u> (<u>알짜힘 있음</u>) 줄이 당기는 힘과 중력의 합력이 손잡이에 작용하여 <u>가속도 운동 하는 것으로 보인다.</u> 	<ul style="list-style-type: none"> ⑤ <u>정지상태</u> (<u>알짜힘 = 0</u>) 줄이 당기는 힘, 중력, 관성력이 <u>평형을 이루어</u> 손잡이가 <u>정지해 있는 것으로 보인다.</u>

3. 엘리베이터의 운동에 따른 관성력

구분	정지 또는 등속 운동	위로 가속 운동	아래로 가속 운동
운동 모습			
가속도	가속도가 0	가속도가 ⑥ 위쪽 으로 일정	가속도가 ⑦ 아래쪽 으로 일정
속력 변화	정지해 있거나 또는 속력 일정	올라가면서 속력 증가, 내려가면서 속력 감소	올라가면서 속력 감소, 내려가면서 속력 증가
관성력	관성력이 작용하지 않아 0이다.	아래쪽으로 작용 $\rightarrow \text{⑧ } ma$	위쪽으로 작용 $\rightarrow \text{⑨ } -ma$
몸무게	동일 $\rightarrow \text{⑩ } mg$	증가 $\rightarrow \text{⑪ } mg + ma$	감소 $\rightarrow \text{⑫ } mg - ma$

확인 3 질량이 50 kg인 철수가 위쪽으로 5 m/s^2 의 가속도로 운동하는 엘리베이터를 타고 있다. 철수가 느끼는 관성력의 방향과 크기는 몇 N인지 써 보자.

아래쪽 250N

$$F = ma = 50 \times 5 = 250 \text{ N}$$

4. 원운동에서의 관성력

① **원심력** : 원운동 하는 물체에 작용하는 관성력 \rightarrow 구심력과 반대 방향으로 작용하는 가상의 힘

· 크기: **구심력** 과 같은 크기

· 방향: 원의 중심에서 멀어지는 방향 \rightarrow 구심력과 반대 방향

② 회전 운동 하는 원판에서 나타나는 관성력

구분	회전 원판 위의 관찰자(철수)	회전 원판 밖의 정지한 관찰자(영희)
운동 모습		
작용한 힘	탄성력, 원심력 <i>나와 위치 변화 없음.</i>	탄성력 <i>원운동하는 것으로 관찰</i>
물체의 운동	• 정지 상태 • 용수철의 탄성력과 원심력 이 평형을 이루어 물체가 정지해 있는 것으로 보인다.	• 가속도 운동 • 용수철의 탄성력이 구심력 역할을 하여 물체가 원운동 하는 것으로 보인다.

◎ 등가 원리

1. **⑩ 등가원리** : 가속 좌표계에서 관성력에 의한 운동과 중력에 의한 운동이 동일하다는 것
 → 가속 좌표계에서 관측하는 관성력은 중력과 구별할 수 없다.

2. 모든 좌표계에서 같은 물리 법칙이 성립한다는 상대성 원리와 등가 원리를 **⑩ 일반상대성** 이론이라고 한다.

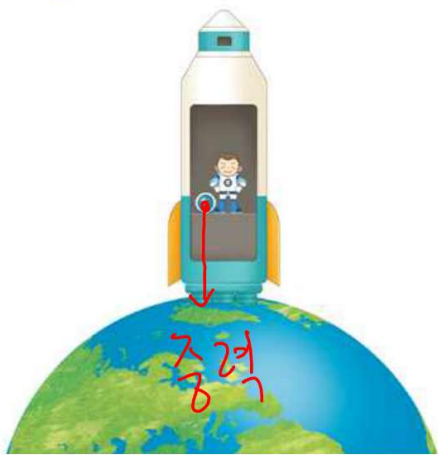
3. 등가 원리를 나타내는 다양한 표현

- 가속 운동 때문에 나타나는 관성력과 질량 때문에 나타나는 중력을 구별할 수 없다.
- 중력에 의한 현상과 관성력에 의한 현상은 구별할 수 없다. → 관성 질량과 중력 질량은 같다.
- 시공간상의 충분히 작은 영역 안에서는 물리 법칙이 특수 상대성 이론으로 귀결된다.

4. 우주선의 운동과 등가 원리: 우주선 안의 관찰자는 모두 아래 방향으로 힘을 받지만, 그 힘이 **⑩ 중력** 인지 **⑩ 관성력** 인지 구별할 수 없다.

확인 4 일반 상대성 이론의 기본 원리로, 중력의 효과와 가속도 운동으로 인한 효과를 구별할 수 없다는 원리는 무엇인지 써 보자.

등가원리



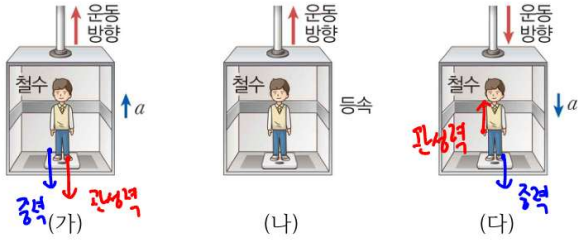
▲ 우주선이 지구 표면에 정지해 있을 때



▲ 우주선이 위로 가속 운동하고 있을 때

단원명	I. 역학적 상호작용 (2) 행성의 운동과 상대성 3. 등가 원리
성취기준	[12물리II01-07] 가속 좌표계 개념을 이용하여 등가 원리를 설명할 수 있다.

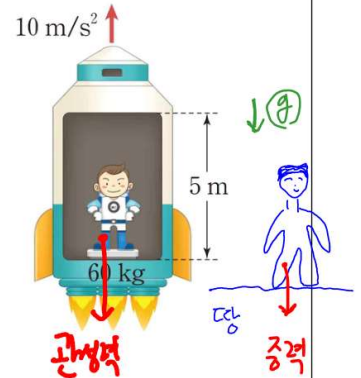
01 그림 (가)~(다)와 같이 철수가 엘리베이터를 타고 위로 올라갔다 내려오고 있다.



각각의 엘리베이터 안에서 측정한 철수의 몸무게를 옮겨 짝 지은 것은?(단, 중력 가속도는 g 이고, 지표면에서 철수의 몸무게는 w 이다.)

	(가)	(나)	(다)
①	$w - ma$	w	$w + ma$
②	w	$w + ma$	w
③	w	w	w
④	$w + ma$	w	$w - ma$
⑤	$w + ma$	$2w$	$w + ma$

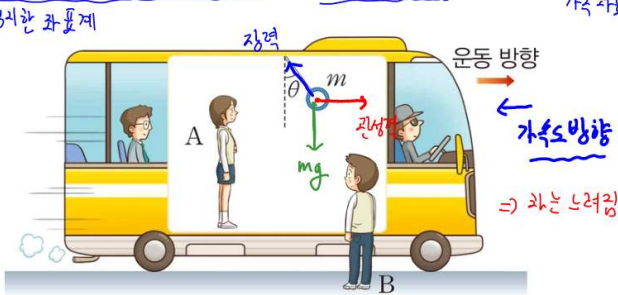
03 그림은 중력이 작용하지 않는 우주 공간에서 우주선이 10 m/s^2 의 가속도로 운동하고 있는 모습을 나타낸 것이다. 우주선 안에는 질량이 60 kg 인 우주인이 체중계 위에 올라서 있다. 바닥에서 우주선 천장까지의 높이는 5 m 이며, 우주인이 체중계에서 내려온 후 물체를 바닥에서 위로 5 m/s 로 던졌다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



- 보기
- ㉠ 체중계에 나타난 우주인의 몸무게는 600 N 이다.
 - ㉡ 우주인이 볼 때 던진 물체의 가속도 크기는 10 m/s^2 이다.
 - ㉢ 우주인이 던진 물체는 천장에 닿는다.

- ① ㉠, ② ㉡, ③ ㉠, ㉡, ④ ㉠, ㉡, ⑤ ㉠, ㉡, ㉢
- Handwritten notes: $v = v_0 - gt$, $h = v_0 t - \frac{1}{2}gt^2$, $z = \frac{v_0}{g}$, $\Rightarrow h = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{25}{20} = 1.25 \text{ m}$

02 그림은 수평인 직선 도로 위에서 오른쪽으로 운동하는 버스에 매달린 질량이 m 인 손잡이가 연직 방향에 대해 θ 의 각도로 기울어져 있는 모습을 나타낸 것이다. 버스 안에 타고 있는 A와 버스 밖의 도로에 정지해 있는 B가 손잡이를 관찰하고 있다.



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

- 보기
- ㉠ A가 손잡이에 왼쪽으로 관성력이 작용한다고 관찰한다.
 - ㉡ B가 관찰한 버스의 속력은 점점 증가한다.
 - ㉢ B가 관찰한 버스의 가속도 크기는 $g \tan \theta$ 이다.

- ① ㉠, ② ㉡, ③ ㉢, ④ ㉠, ㉡, ⑤ ㉠, ㉡, ㉢
- Handwritten notes: $T \cos \theta = mg \Rightarrow T = \frac{mg}{\cos \theta}$, $F = T \sin \theta = \frac{\sin \theta}{\cos \theta} mg = mg \tan \theta$

04 그림 (가)는 중력 가속도가 g 인 지표면에 정지해 있는 우주선 내부의 물통에서 물이 나오는 모습을 (나)는 (가)의 우주선이 중력이 작용하지 않는 우주 공간에서 가속도 g 로 운동할 때 물통에서 (가)와 같이 물이 나오는 모습을 나타낸 것이다.



- () 안에 들어갈 알맞은 말을 쓰시오.
- (나)에서 물에 작용하는 관성력과 우주선의 가속도는 서로 (반대) 방향이다.
 - 우주선 안에 있는 사람은 물통에서 물이 나오는 까닭이 중력 때문인지 가속 운동 때문인지를 판단할 수 없다는 것을 (등가) 원리라고 한다.

05 그림 (가)는 중력이 작용하지 않는 우주 공간에서 우주선이 가속도 g 로 올라가고 있을 때, 오른쪽으로 등속도 운동 하는 물체가 우주선의 왼쪽 구멍을 통해 우주선 안을 지나는 경로를, (나)는 중력 가속도가 g 인 행성의 표면에서 우주선의 왼쪽 구멍으로 물체를 수평으로 던져 넣었을 때 물체가 우주선 안에서 운동하고 있는 경로를 나타낸 것이다.

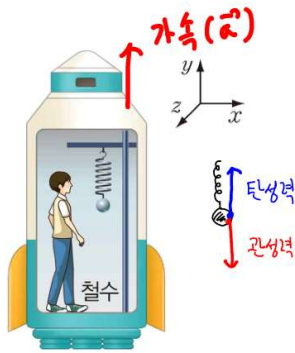


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- |보기| —
- ㉠ 물체가 우주선 바닥에 닿을 때까지 걸린 시간은 (가)와 (나)에서 서로 같다.
 - ㉡ 우주선 안에서 본 물체의 운동 방정식은 (가)와 (나)에서 서로 같다.
 - ㉢ 중력에 의한 효과와 가속도 운동에 의한 효과는 서로 구별할 수 없다.

- ① ㉠ ② ㉢ ③ ㉠, ㉡
 ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

06 그림은 외부로부터 어떠한 힘도 작용하지 않는 공간에 있는 우주선 안에서 철수가 용수철에 매달려 정지해 있는 물체를 관찰하고 있는 모습을 나타낸 것이다. 용수철은 $-y$ 축 방향으로 일정한 길이만큼 늘어난 상태를 유지하고 있다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?(단, 철수는 우주선의 밖을 관찰할 수 없다.)



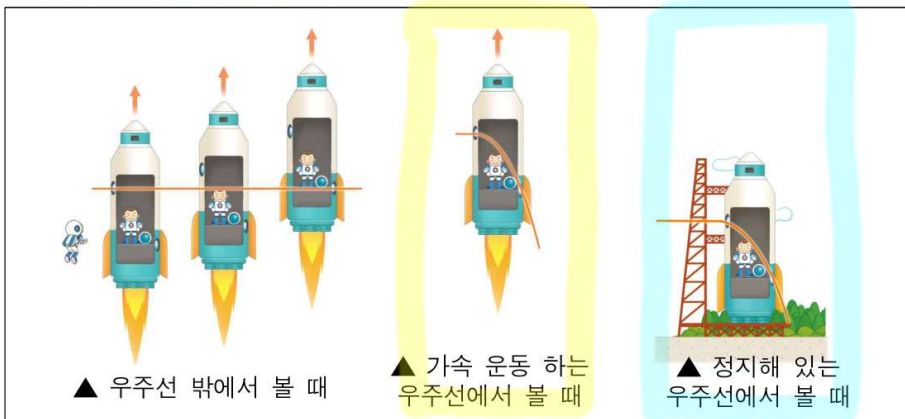
- |보기| —
- ㉠ 철수가 볼 때 물체에 작용하는 알짜힘은 0이다.
 - ㉡ 우주선 밖에서 관찰할 때 우주선은 $+y$ 축 방향으로 등속도 운동을 한다.
 - ㉢ 철수는 물체에 작용하는 탄성력과 평형을 이루는 힘이 중력인지 관성력인지 구별할 수 없다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉢
 ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

단원명	I. 역학적 상호작용 (2) 행성의 운동과 상대성 4. 중력 렌즈와 블랙홀
성취기준	[12물리Ⅱ01-08] 중력 렌즈 효과와 블랙홀을 항성의 질량과 관련지어 설명할 수 있다.

◎ 빛의 휘어짐

- ① **빛의 휘어짐**: 가속 좌표계에서 빛이 휘어져 보이는 것과 같이 등가 원리에 의해 **시공간**이 작용하는 곳에서도 빛이 휘어진다.
- 중력에 의한 빛의 휘어짐: 가속 좌표계에서 빛이 휘어져 보이는 것과 같이 ② **중력**이 작용하는 곳에서도 빛이 휘어진다.



확인 1 다음 ㉠, ㉡에 들어갈 알맞은 말을 써 보자.

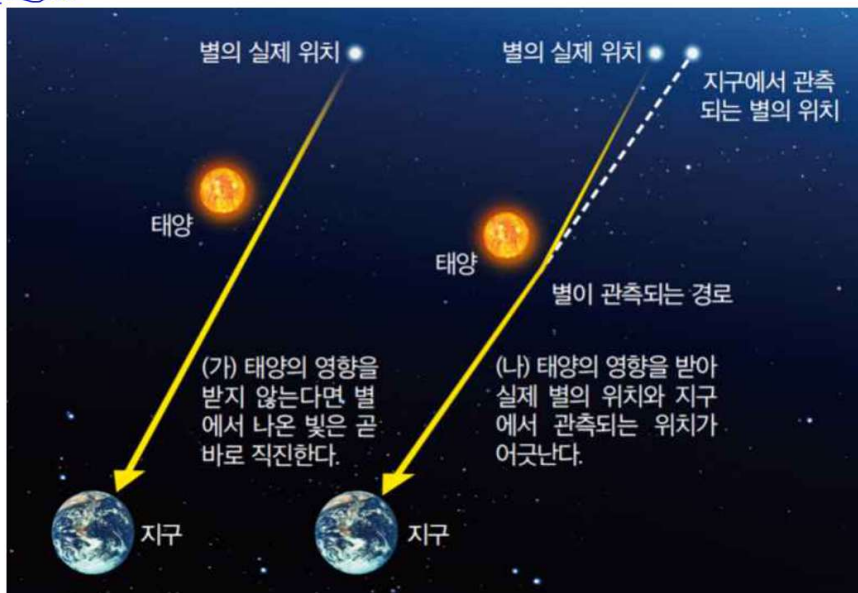
등가 원리에 의해 질량이 없는 빛도 ㉠ (**중력**)에 의한 효과와 ㉡ (**가속운동**)에 의한 효과를 구별할 수 없다.

혹은 (**관성력**)

- 우주선 안의 관찰자는 가속 운동할 때와 중력만 작용할 때 빛이 ③ **포물선**을 그리며 휘어져 나간다고 관찰한다.
- 빛의 경우에도 중력에 의한 효과와 가속 운동에 의한 효과를 구별할 수 없다.

2. 태양 주위에서 빛의 휘어짐

- 아인슈타인은 1915년 중력 이론을 이용하여 태양 근처를 지나는 빛의 경로가 약 0.00049° 정도 휘어진다는 것을 예견하였다.
- 영국의 물리학자 에딩턴은 1919년 서아프리카와 브라질에서 일식이 일어나는 동안 태양 뒤편에 있는 별에서 나오는 빛이 태양 근처를 지날 때 아인슈타인이 예견한 각도만큼 휘어지는 것을 확인했다.



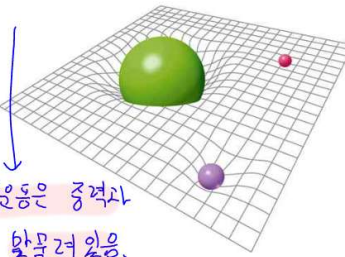
◎ 질량과 시공간 → 시간이 운동에 따라 달라짐. 즉, 시간은 공간에 대한 독립변이 아님.

1. 일반 상대성 이론에 의하면 질량을 가진 물체가 있을 때 물체 주변의 ④ 시공간 이 휘어진다.

2. 휘어진 시공간에 놓인 물체는 휘어진 시공간을 따라 운동한다.

3. ⑤ 빛 도 휘어진 시공간을 따라 진행 경로가 휘어 빛물려있음.
진다.

4. 뉴턴과 아인슈타인의 중력



그런데, 가속운동은 중력과

중력에 따라 시공간의 변화를 말해야 함.

뉴턴의 중력	아인슈타인의 중력
<ul style="list-style-type: none"> • 질량에 의해 ⑥ 중력 이 나타난다. • 거리의 제곱에 반비례하고 질량의 곱에 비례하는 ⑦ 힘 이다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 질량에 의해 휘어진 ⑧ 시공간 이 나타난다. • 질량에 의해 나타나는 휘어진 ⑨ 시공간 자체이다.

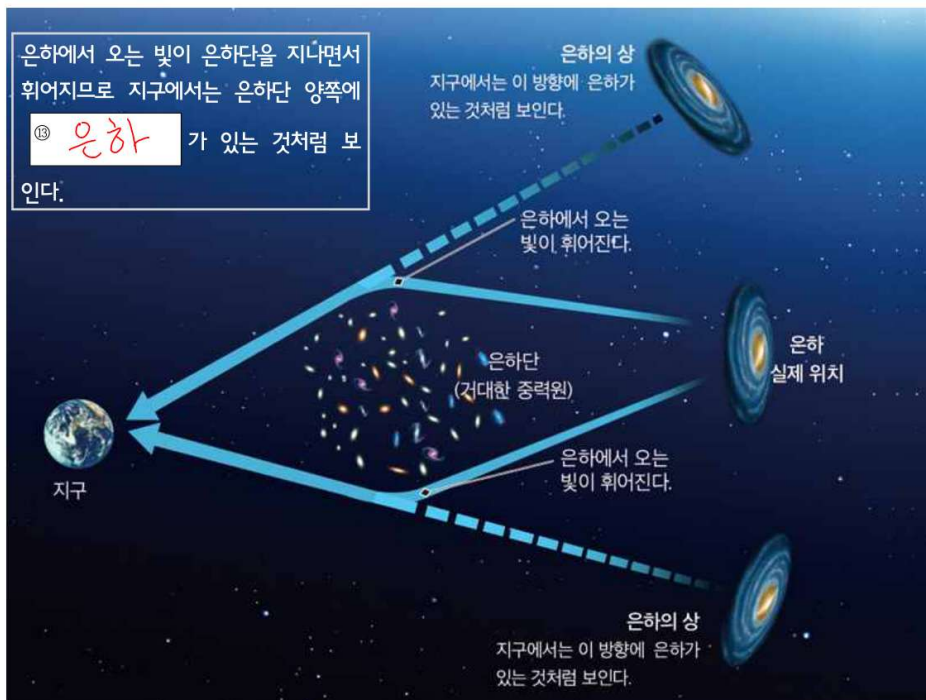
→ 빛이 무거운 천체 주변을 지날 때 휘어지는 현상을 ⑩ 뉴턴 의 중력 이
론으로는 설명할 수 없지만 ⑪ 아인슈타인 의 중력 이론으로는 설명할 수 있다.

확인 2 질량과 시공간에 대한 설명으로 옳은 것은 O, 옳지 않은 것은 X표 하시오.

- (1) 빛은 질량이 작은 별 근처에서는 직진하고 질량이 매우 큰 별 근처를 지날 때만 휘어진다. (X)
- (2) 뉴턴 중력에 의해 질량은 주변의 시간과 공간을 휘어지게 한다. (X)
- (3) 블랙홀 질량이 매우 커서 주변을 지나는 빛도 흡수하여 검은 공간으로 보인다. (O)

◎ 중력 렌즈

• ⑫ 중력 렌즈 현상: 질량이 매우 큰 항성이 볼록 렌즈와 같은 역할을 하여 중력이 빛을 휘게 하는 현상



은하에서 오는 빛이 은하단을 지나면서 휘어지므로 지구에서는 은하단 양쪽에 ⑬ 은하 가 있는 것처럼 보인다.

◎ 탈출 속도와 블랙홀

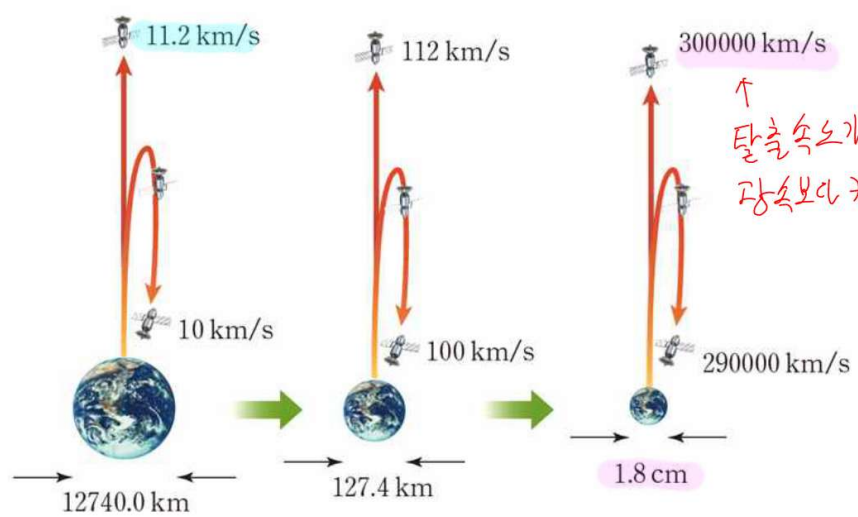
1. **탈출 속도** : 물체가 지구의 중력을 벗어나 무한히 먼 곳까지 가기 위한 최소한의 속도

① 역학적 에너지 보존 법칙에 따라 무한히 먼 곳에서의 역학적 에너지와 천체 표면에서 탈출 속도로 출발하는 순간의 역학적 에너지는 같아야 한다.

② 천체 표면에서의 역학적 에너지가 0 이므로 $0 = \frac{1}{2}mv_{\text{탈출}}^2 - G\frac{mM}{R}$ 로부터 탈출 속도는 다음과 같다.

$$E = \frac{1}{2}mv_{\text{탈출}}^2 - G\frac{mM}{R} \rightarrow v_{\text{탈출}} = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

③ 탈출 속도는 천체의 **질량** 이 클수록 **지름** 이 작을수록 커진다.

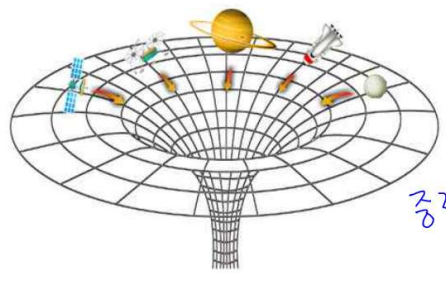


▲ 지구의 질량은 같고 지름만 줄어들면 탈출 속도는 점점 커진다.

2. **블랙홀** : 질량이 매우 커서 빛조차 탈출할 수 없는 천체

① 어떤 천체는 질량이 매우 커서 시공간이 극단적으로 휘어져 탈출 속도가 **빛** 의 속도보다 커진다.

② 빛조차도 빠져나오지 못하게 되어 외부에서 보면 아무것도 없는 검은 공간으로 보인다.



$U = -\int F \cdot dr$ ← $F = -G\frac{Mm}{r^2}$

$= -\int_{\infty}^r \left(-G\frac{Mm}{r^2}\right) dr$

$= -G\frac{Mm}{r} - \left(-\frac{GMm}{\infty}\right) = -G\frac{Mm}{r}$

$U = 0$

확인 3 탈출 속도에 대한 설명으로 옳은 것은 O, 옳지 않은 것은 X표 하시오.

- (1) 질량이 작을수록 지름이 클수록 탈출 속도가 크다. (X)
- (2) 탈출 속도 이상이 되면 천체로부터 벗어날 수 있다. (O)
- (3) 지구의 지름이 1.8 cm 정도로 압축되면 탈출 속도가 커져 빛도 빠져나가지 못하게 된다. (O)

확인 4 다음 빈칸 안에 들어갈 알맞은 말을 쓰시오.

- (1) 중력이 렌즈처럼 빛을 휘게 하여 여러 개의 상을 만드는 것을 **중력렌즈 현상**)라고 한다.
- (2) 질량이 극도로 큰 천체에서는 시공간이 극단적으로 휘어져 빛조차도 빠져나오지 못하는데, 이러한 천체를 **블랙홀**)라고 한다.

③ 블랙홀과 물의 소용돌이 비교

배 A	배 B	배 C
<ul style="list-style-type: none"> • 사건의 지평선 안에 있다. • 소용돌이 안으로 더 끌려갈 뿐 영원히 빠져나올 수 없다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 사건의 지평선 경계에 있다. • 소용돌이를 빠져나오지도 못하고 끌려가지도 않고 영원히 경계선에 머물게 된다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 사건의 지평선 바깥에 있다. • 소용돌이로부터 빠져나올 수 있다.



확인 5 블랙홀에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 질량이 매우 커서 빛도 빠져나오지 못하는 천체이다.
- ② 사건의 지평선에서는 시간이 멈춘 것으로 관측된다.
- ③ 블랙홀은 블랙홀로 빨려 들어가는 물질에서 방출되는 X선 관측으로 위치를 알 수 있다.
- ④ 블랙홀에 접근할수록 시공간이 더 많이 휘어져 있다.
- ⑤ 블랙홀에서의 탈출 속도는 c 보다 작다.

3. 블랙홀의 증거: 블랙홀 주변의 기체가 블랙홀로 빨려 들어가면 기체들 사이에 엄청난 열이 발생하면서 방출하는 **X선** 을 통해 존재를 확인할 수 있다.

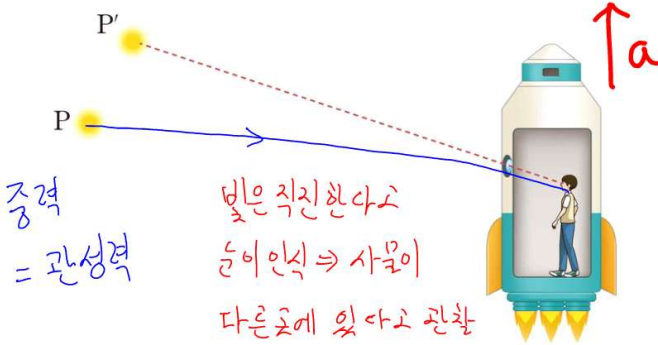


4. 블랙홀이 되는 조건: 별이 핵융합 과정을 끝내고 초신성 폭발 이후 남은 질량이 **태양** 질량의 약 3 배~4 배가 넘으면 별은 계속 붕괴하여 밀도가 무한히 커지며 결국 블랙홀이 된다.



단원명	I. 역학적 상호작용 (2) 행성의 운동과 상대성 4. 중력 렌즈와 블랙홀
성취기준	[12물리II01-08] 중력 렌즈 효과와 블랙홀을 행성의 질량과 관련지어 설명할 수 있다.

01 그림은 등가속도 운동을 하는 우주선 안의 관찰자가 P에 있는 별을 P'에 있는 것으로 관측하는 모습을 나타낸 것이다.

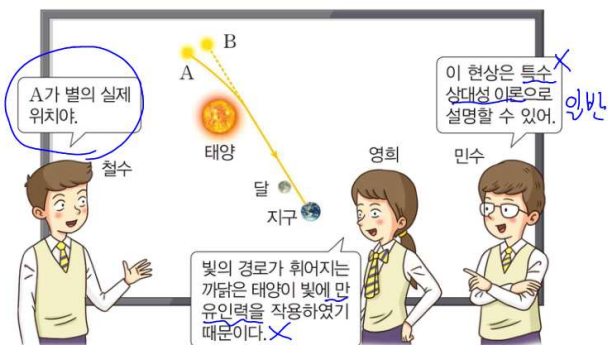


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- [보기]
- (ㄱ.) 우주선의 가속도 방향은 위 방향이다.
 - (ㄴ.) 관찰자가 느끼는 관성력의 방향은 아래 방향이다.
 - (ㄷ.) 우주선의 가속도가 클수록 P와 P'의 위치 차이가 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 그림은 어느 별을 개기 일식 때 관측한 위치(겉보기 위치)가 이 별의 실제 위치와 다른 현상에 대해 철수, 영희, 민수가 대화하는 모습을 나타낸 것이다.



- 말한 내용이 옳은 사람만을 있는 대로 고른 것은?
 ① 철수 ② 민수 ③ 철수, 영희
 ④ 영희, 민수 ⑤ 철수, 영희, 민수

03 다음은 중력에 대한 일반 상대론적 관점을 설명한 글이다.

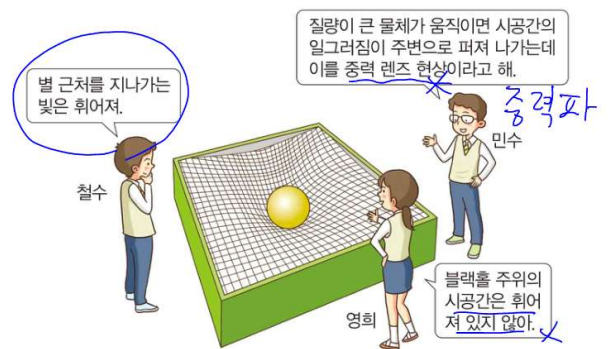
- 뉴턴에 의하면 질량에 의해 (중력)이 나타나지만, 아인슈타인에 의하면 질량에 의해 시공간의 휘어짐, 뒤틀림 등이 발생한다는 것이다.
- 중력에 의한 자유 낙하 운동이란 질량에 의해 만들어진 시공간을 따라 물체가 (직선) 운동하는 것을 말한다. 이것은 아인슈타인의 일반 상대성 이론에 의해 설명될 수 있다.

() 안에 들어갈 알맞은 말을 쓰시오.

04 아인슈타인의 일반 상대성 이론의 증거만을 모두 고르면? (정답 2개)

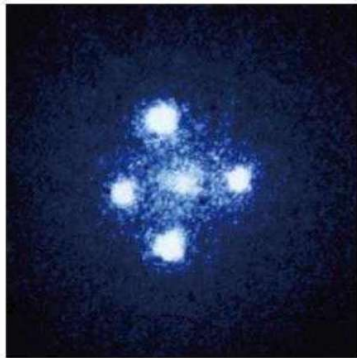
- ① 길이 수축
 ② 등가 원리
 ③ 빛의 휘어짐
 ④ 동시성의 상대성
 ⑤ 광속 불변의 원리
- ⇒ 특수상대성이론

05 그림은 철수, 영희, 민수가 과학관에서 일반 상대성 이론에 따른 시공간의 휘어짐을 2차원 평면의 휘어짐으로 시각화한 모형을 보고 별 주위의 시공간에 대해 대화하는 모습을 나타낸 것이다.



- 옳게 말한 사람만을 있는 대로 고른 것은?
 ① 철수 ② 영희 ③ 철수, 민수
 ④ 영희, 민수 ⑤ 철수, 영희, 민수

06 그림은 아인슈타인 십자가라고 불리는 퀘이사의 사진으로 하나의 퀘이사가 여러 개로 보이는 모습을 나타낸 것이다.



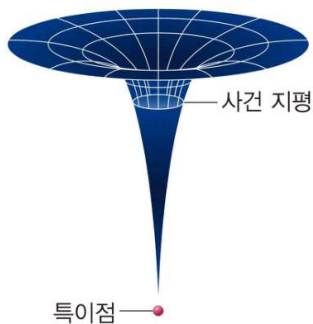
중력렌즈효과

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㉠ 중력 렌즈 현상이다.
 - ㉡ 질량이 매우 큰 은하단에 의해 나타난다.
 - ㉢ 질량이 큰 물체가 진동하여 시공간의 일그러진 정보가 주변으로 퍼져 나가는 현상이다. ⇒ 중력파

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉢
 ④ ㉠, ㉡ ⑤ ㉡, ㉢

07 그림은 블랙홀의 구조를 나타낸 것으로, 시공간이 휘어져 있으며 사건 지평과 특이점 사이에서는 빛이 외부로 빠져나올 수 없다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㉠ 사건의 지평에서는 시간이 멈추는 현상이 일어난다. → 사건지평성에서는 우리가 관측 불가
 - ㉡ 사건의 지평을 지나 특이점으로 이동하는 동안 블랙홀로 빨려 들어가는 물질에서 방출되는 X선을 관측할 수 있다. ⇒ X선은 사건지평 넘어가지 전에 나오
 - ㉢ 블랙홀은 케플러 망원경으로 직접 관측할 수 있다. (클릭망원경)

- ① ㉠ ② ㉢ ③ ㉠, ㉡
 ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

단원명	I. 역학적 상호작용 (3) 일과 에너지 1. 일과 운동 에너지
성취기준	[12물리II01-09] 등가속도 운동에서 일-운동 에너지 관계를 설명할 수 있다.

◎ 일

1. ① 일 (W): 물체에 힘이 작용하여 물체가 힘의 방향으로 이동하였을 때 일을 하였다 고 한다.

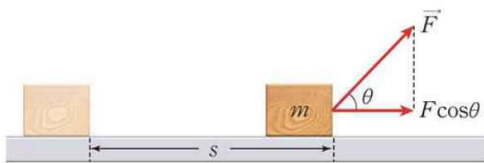
① 한 일의 양: 크기 F 인 힘이 작용하여 물체가 힘의 방향으로 거리 s 만큼 이동하였을 때 한 일 W 는 다음과 같다.

⇒ 힘이 한 일 (힘이 물체에 한 일)

일 = ② 힘 × ③ 이동거리 → $W = Fs = mas$

② 일의 단위: J(줄), N·m(뉴턴 미터) 등 → 1 J = ④ 1 N·m (스칼라량)

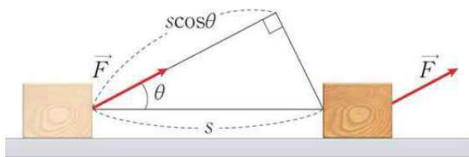
2. 물체가 이동한 방향과 힘의 방향이 θ 의 각을 이룰 때 한 일의 양



$W = F \cos \theta \times s = Fs \cos \theta$

◎ 이동 경로와 일

1. 힘이 물체에 한 일: $W = Fs \cos \theta$ 이므로 그림과 같이 물체에 작용한 힘 F 의 방향으로 이동 거리가 $s \cos \theta$ 로 생각할 수 있다.



- 힘의 크기: F
 - 힘의 방향으로 이동 거리: $s \cos \theta$
 - 일 = 힘 × 이동 거리
- $W = ⑤ F \times s \cos \theta$

2. 이동 경로에 따라 물체에 한 일

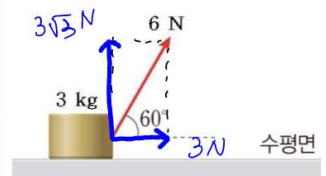
직각 경로로 이동할 때	곡선 경로로 이동할 때
<ul style="list-style-type: none"> • 힘의 방향과 수직으로 이동할 때 한 일은 0이다. • 힘의 방향과 같은 방향으로 이동할 때 한 일은 (+) 반대 방향으로 이동할 때 한 일은 (-)로 상쇄된다. • 한 일 W는 F와 힘의 방향으로 이동한 거리 s의 곱이 된다. → $W = Fs$ 	<ul style="list-style-type: none"> • a, b, c 경로를 따라갈 때 직각 경로가 아주 미세하게 반복된 것으로 생각할 수 있다. • P에서 Q까지 이동하는 동안 힘이 한 일 W는 결국 경로에 관계없이 힘 F와 힘의 방향으로 이동한 거리 s의 곱이 된다. → $W = Fs$

확인 1 수평면에서 20 N의 힘으로 물체를 밀 때 물체가 힘을 준 방향으로 5 m 밀려났다. 이때 물체에 한 일은 몇 J인지 구해 보자.

$W = F \cdot s = 20 \times 5 = 100 \text{ J}$

◆ 일을 하지 않은 경우
생활에서는 무거운 짐을 들고 가만히 있을 때나 물건을 들고 이동할 때도 일을 하였다고 하지만, 물리학에서는 두 경우 각각 $s = 0$, $\theta = 90^\circ$ 에 해당되어 들고 있는 힘이 물체에 한 일은 0이다.

확인 2 질량이 3 kg인 물체에 6 N의 힘을 수평면과 60° 의 각으로 힘을 작용하여 5 m를 이동시켰다.



6 N의 힘이 물체에 한 일은 몇 J인지 구해 보자.(단, 물체와 바닥 사이의 마찰은 무시한다.)

$W = 6 \text{ N} \times \cos 60^\circ \times 5 \text{ m} = 15 \text{ J}$

3. 물체가 알짜힘의 방향에 나란한 방향으로 거리 s 만큼 이동하였을 때 물체의 속력 v 는 다음의 관계를 만족한다.

↳ 2번과 같은말 또 적혀 있다.

$$v^2 = v_x^2 + v_y^2 = (v_0 \cos \theta)^2 + 2as + (v_0 \sin \theta)^2 = v_0^2 + 2as$$

4. 물체의 질량을 m 이라고 하면 물체의 가속도는 $\textcircled{a} = \frac{F}{m}$ 이므로 등가속도 직선 운동의 식을 사용하면 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

$$v^2 = v_0^2 + 2 \frac{F}{m} s \Rightarrow \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} m v_0^2 + F s \Rightarrow F s = \frac{1}{2} m v^2 - \frac{1}{2} m v_0^2$$

5. Fs 는 알짜힘이 물체에 한 일 $W = Fs$ 이므로 물체에 작용하는 알짜힘이 물체에 한 일은 물체의 $\textcircled{\text{운동에너지}}$ 의 증가량과 같다는 것을 뜻한다.

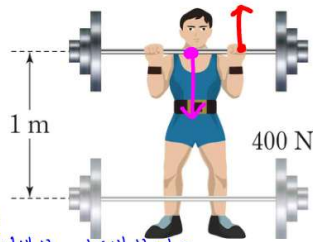
$$W = \frac{1}{2} m v^2 - \frac{1}{2} m v_0^2 = \Delta E_k$$

- 이 관계는 $\textcircled{\text{일-운동에너지정리}}$ 가 직선 경로뿐만 아니라 곡선 경로로 운동하는 경우에도 성립함을 뜻한다.

단원명	I. 역학적 상호작용 (3) 일과 에너지	1. 일과 운동 에너지
성취기준	[12물리 II01-09] 등가속도 운동에서 일-운동 에너지 관계를 설명할 수 있다.	

등속

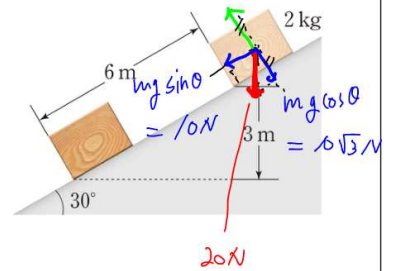
01 그림과 같이 무게가 400 N인 역기를 1 m 높이로 천천히 들어 올렸다. 이때 (가) 역기를 드는 힘이 역기에 한 일과 (나) 중력이 역기에 한 일을 옮겨 짝 지은 것은?



힘의 방향, 이동 방향 같은

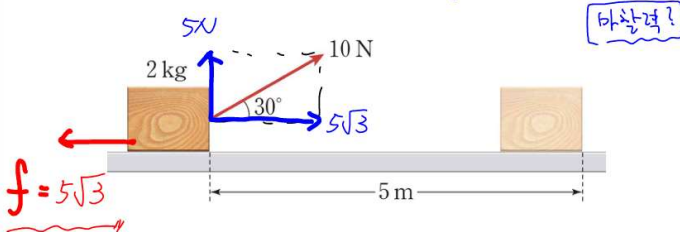
- | | | | | |
|---|-------|--------|-----|--------|
| | (가) | (나) | (가) | (나) |
| ① | 100 J | 100 J | ② | 100 J |
| ③ | 400 J | 100 J | ④ | -400 J |
| ⑤ | 400 J | -400 J | | |

03 그림은 경사각이 30°인 빗면에 놓인 질량이 2 kg인 물체가 높이 3 m를 내려가는 모습을 나타낸 것이다. 3 m를 내려가는 동안 물체에 작용하는 알짜힘이 한 일은 몇 J인지 구하시오(단, 중력 가속도는 10 m/s²이고, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)



- ① $F \cdot s = 10 N \cdot 6 m = 60 J$
 ② $F \cdot s = 20 N \cdot 3 m = 60 J$

02 그림은 질량이 2 kg인 물체에 수평면과 30°인 방향으로 10 N의 힘을 작용하여 등속도로 5 m 이동시키는 모습을 나타낸 것이다.

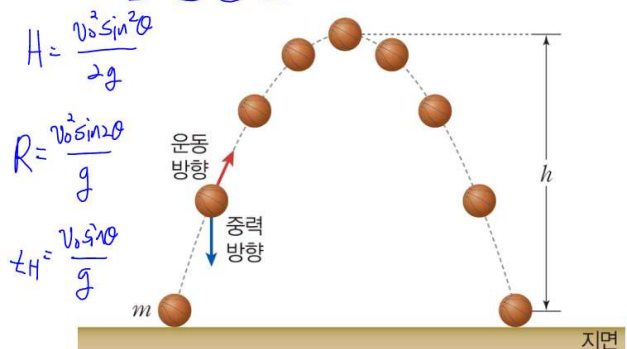


물체가 5 m를 이동하는 동안에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?(단, 중력 가속도는 10 m/s²이다.)

- 보기 - 속각항력? 마찰력?
 가. 수평면에 물체에 작용하는 힘이 한 일은 0이다.
 나. 물체가 10 N의 힘의 방향으로 이동한 거리는 $5\sqrt{3}$ m이다.
 다. $F \cdot s \cos \theta \rightarrow 5 \times \frac{\sqrt{3}}{2}$
 라. 10 N의 힘이 물체에 한 일은 $25\sqrt{3}$ J이다. $F \cdot s \cos \theta$

- ① 가 ② 나 ③ 가, 라 = $25\sqrt{3}$
 ④ 나, 다 ⑤ 가, 나, 다 ⑥ 다

04 그림은 지면으로부터 질량이 m인 공을 비스듬히 위로 던졌더니 최고점의 높이가 h인 모습을 나타낸 것이다.

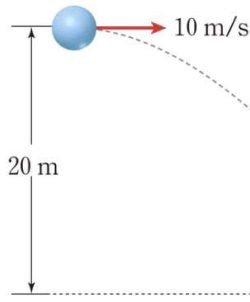


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?(단, 중력 가속도는 g이고, 공기 저항은 무시한다.)

- 보기
 가. 지면으로부터 최고점까지 올라가는 동안 중력이 공에 한 일은 mgh이다. $-mgh$
 나. 최고점에서 지면까지 내려오는 동안 중력이 공에 한 일은 mgh이다.
 다. 공이 지면에서 최고점까지 올라갔다 내려오는 동안 중력이 공에 한 일은 0이다.

- ① 가 ② 다 ③ 가, 나
 ④ 나, 다 ⑤ 가, 나, 다

05 그림은 10 m/s의 속도로 수평으로 던진 물체가 20 m 높이를 떨어졌을 때 속력이 v 인 모습을 나타낸 것이다.



역상대보존

① $권 = \dot{p}$

$$\frac{1}{2} \times m \times 10^2 + m \times 10 \times 20 = \frac{1}{2} \times m \times v^2$$

$$100 + 400 = v^2$$

$$v = 10\sqrt{5} \text{ m/s}$$

② $20.5 = v_y^2 - v_{y0}^2$

$$2 \times 10 \times 20 = v_y^2$$

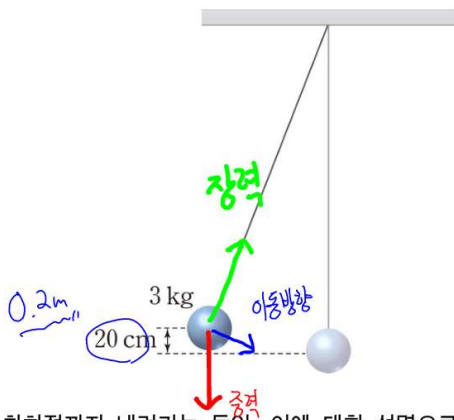
$$v_y = 20 \text{ m/s}$$

$\therefore v = \sqrt{10^2 + 20^2} = 10\sqrt{5}$

v 는?(단, 중력 가속도는 10 m/s^2 이고, 공기 저항은 무시한다.)

- ① $10\sqrt{2} \text{ m/s}$
- ② 20 m/s
- ③ $10\sqrt{5} \text{ m/s}$
- ④ $20\sqrt{2} \text{ m/s}$
- ⑤ 30 m/s

06 그림은 질량이 3 kg인 추를 실로 천장에 매달고 최하점으로부터 20 cm 높이에서 가만히 놓은 모습을 나타낸 것이다.



추가 최하점까지 내려가는 동안, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?(단, 중력 가속도는 10 m/s^2 이고, 실의 질량과 공기 저항은 무시한다.)

보기

①. 실이 추를 당기는 힘이 한 일은 0이다. L. $w = F \cdot s = 30 \text{ N} \times 0.2 \text{ m} = 6 \text{ J}$

②. 중력이 한 일은 6 J이다. D. $mgh = \frac{1}{2}mv^2 \parallel v = \sqrt{2gh}$

③. 최하점에서 추의 속력은 2 m/s이다. $= \sqrt{2 \times 10 \times 0.2} = 2 \text{ m/s}$

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

단원명	I. 역학적 상호작용 (3) 일과 에너지 2. 역학적 에너지 보존
-----	--------------------------------------

성취기준	[12물리II01-10] 포물선 운동과 단진자 운동에서 역학적 에너지가 보존됨을 설명할 수 있다.
------	--------------------------------------------------------

◎ 포물선 운동과 역학적 에너지

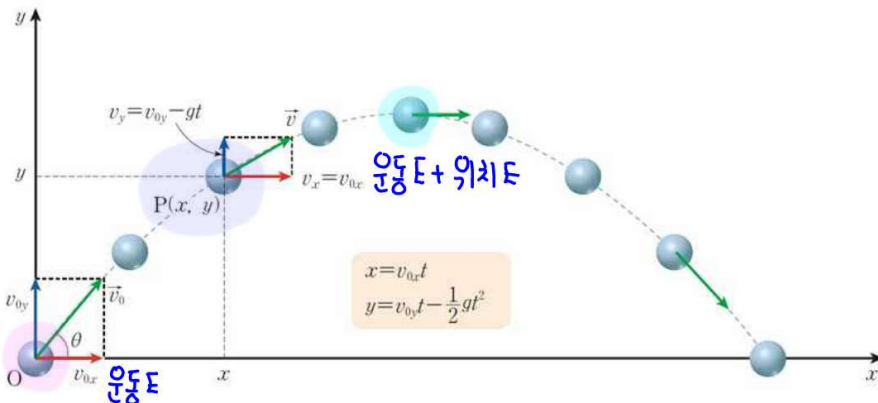
- ①역학적에너지 : 물체의 운동 에너지와 퍼텐셜 에너지의 합
- ②역학적에너지 보존법칙 : 마찰이나 공기 저항이 없을 때 물체의 역학적 에너지는 항상 일정하게 보존된다.

확인 1 마찰이나 공기 저항이 없을 때 운동 에너지와 퍼텐셜 에너지의 합인 ()는 항상 보존된다. 역학적에너지

역학적 에너지 = ③ 퍼텐셜 에너지 + ④ 운동 에너지 → 일정

$$E = E_p + E_k \rightarrow \text{일정}$$

3. 포물선 운동에서 역학적 에너지 변화



① 질량이 m 인 물체를 수평면과 θ 의 각도를 이루며 처음 속도 v_0 로 던졌을 때 처음 던진 O 점을 퍼텐셜 에너지의 기준으로 하면 O 점에서의 역학적 에너지 E 는 다음과 같다.

$$E = E_k + E_p = \frac{1}{2}mv_0^2 + 0 = \frac{1}{2}mv_0^2$$

② 포물선 운동 하는 물체의 운동 분석

구분	⑤ 수평 방향 운동	⑥ 수직 방향 운동
알짜힘	알짜힘이 0 $F_x = 0$	알짜힘이 중력으로 일정 $F_y = -mg$
처음 속도	등속도 운동 $v_{0x} = v_0 \cos \theta$	등가속도 직선 운동 $v_{0y} = v_0 \sin \theta$

• 처음 O 에서의 역학적 에너지

$$E_0 = E_k + E_p = \frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}m(v_{0x}^2 + v_{0y}^2) = \frac{1}{2}m(v_0^2 \cos^2 \theta + v_0^2 \sin^2 \theta)$$

• 던진 순간부터 시간 t 가 지난 후 위치 P 점에서 운동 에너지 E_k ($v_y = v_{0y} - gt$)

$$E_k' = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m(v_{0x}^2 + v_{0y}^2) = \frac{1}{2}m(v_{0x}^2 + v_{0y}^2 - 2v_{0y}gt + g^2t^2)$$

• P 에서 물체 위치의 x, y 성분과 중력에 의한 위치 에너지 E_p'

$$x = v_{0x}t, y = v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2 \rightarrow E_p' = mgy = mg\left(v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2\right)$$

→ P 에서 물체의 역학적 에너지 E 는 처음과 같아져 포물선 운동에서 물체의

역학적 에너지가 일정하게 ⑦ 보존 됨을 알 수 있다.

◆ 포물선 운동의 분석

- 최고점 도달 시간

$$t_H = \frac{v_0 \sin \theta}{g}$$

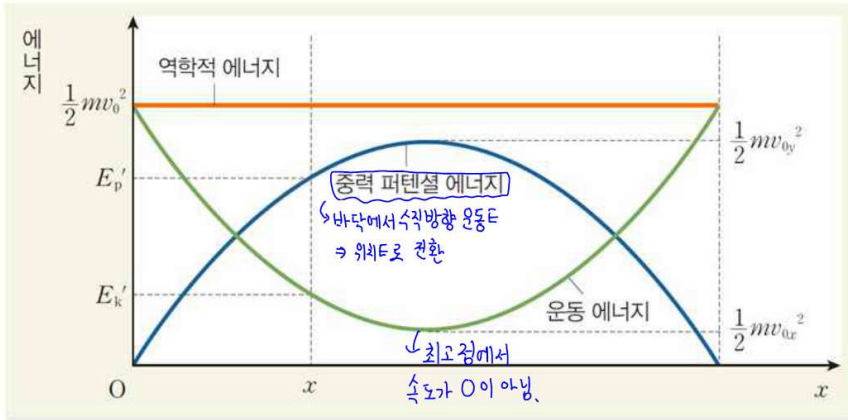
- 최고점까지의 높이

$$H = \frac{v_0^2 \sin^2 \theta}{2g}$$

- 수평 도달 거리

$$R = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}$$

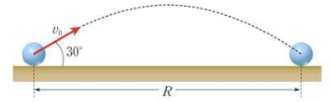
4. 포물선 운동의 역학적 에너지 그래프



▲ 물체가 중력에 의하여 포물선 경로를 따라 운동하는 동안 역학적 E 는 일정하게 보존된다.

▲ 최고점에서 운동 에너지는 $\frac{1}{2} m v_{0x}^2$ 이고, 중력 퍼텐셜 에너지는 $\frac{1}{2} m v_{0y}^2$ 이다.

확인 2 그림은 지면에서 던져진 공이 포물선을 그리며 날아가는 경로를 나타낸 것이다.

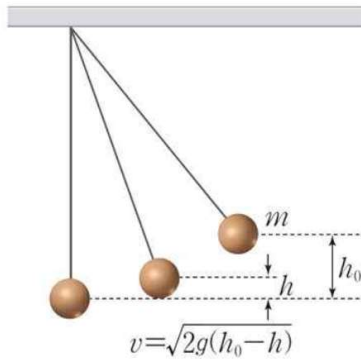


때에 대한 설명으로 옳은 것은 O, 옳지 않은 것은 X표 하시오.

- (1) 최고점에서 운동 에너지는 0이다. (X)
- (2) 공기 저항을 무시하면 공이 날아가는 동안 역학적 에너지는 보존된다. (O)
- (3) 최고점에서 역학적 에너지는 중력 퍼텐셜 에너지보다 크다. (O)

◎ 단진자 운동과 역학적 에너지

1. 단진자 : 천장에 고정된 가벼운 줄에 물체를 매달고 줄을 기울여 가만히 놓았을 때 중력에 의하여 물체가 반지름이 일정한 원의 일부분을 따라 왕복 운동 하는 것



① 줄이 물체를 잡아당기는 힘은 물체의 운동 방향에 수직 으로 작용한다. → 줄이 물체에 하는 일은 0이고, 물체의 속력에 영향을 주지 않는다.

② 높이 h_0 인 곳에서 물체를 가만히 놓는 순간 역학적 에너지는 다음과 같다.

$$E_0 = E_k + E_p = mgh_0$$

③ 물체가 놓은 순간부터 최하점에서 높이 h 인 곳까지 이동하는 동안 중력이 물체에 하는 일은 물체의 운동 에너지의 증가량과 같으므로 높이 h 인 곳에서 물체의 속력은 다음과 같다.

$$W = mg(h_0 - h) = \frac{1}{2}mv^2 - 0 \Rightarrow v = \sqrt{2g(h_0 - h)}$$

④ 최하점에서 높이 h 인 곳에서 물체의 역학적 에너지는 놓은 순간의 역학적 에너지와 같아 역학적 에너지가 보존 되는 것을 확인할 수 있다.

$$E = E_k' + E_p' = \frac{1}{2}mv^2 + mgh = \frac{1}{2}m \times 2g(h_0 - h) + mgh = mgh_0 = E_0$$

운동 에너지
운동 에너지
위치 에너지
최초 위치 에너지

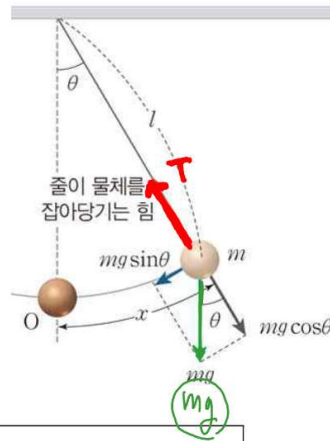
2. 단진자의 주기

① 단진자의 진폭이 매우 작으면 $\sin\theta \approx \theta$ 이므로 $mg\sin\theta \approx mg\theta$ 이다.

② $\theta = \frac{x}{l}$ 이므로 단진자는 원운동의 접선 방향으로

$F = -mg\sin\theta = -mg\frac{x}{l}$ 의 힘이 작용한다.

③ 단진자의 주기 : 단진자의 주기를 T , 줄의 길이를 l , 중력 가속도를 g 라고 하면 단진자의 주기는 다음과 같다. $k = \frac{mg}{l}$



$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

3. **진자의 동시성** : 단진자의 주기는 단진자의 길이와 중력 가속도에 의해서만 정해지고 진폭과는 무관하다.

※ 참고 (단진동)

$F = -m\omega^2 x = -kx$

$\therefore k = m\omega^2$ 각속도 $\omega = \frac{2\pi}{T}$
항상식

\Rightarrow 주기 $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$

단진동의 $k = \frac{mg}{l}$

확인 3 추의 길이가 $0.1m$ (100cm)일 때 이 추의 주기는 몇 초인지 구해 보자. (단, 중력 가속도는 $10 m/s^2$ 이다.)

$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{0.1}{10}} = 0.2\pi s$

확인 4 단진자의 주기가 추의 질량과 무관하고, 진자의 길이에만 영향을 받는 것을 ()이라고 한다. 진자의 동시성

단원명	I. 역학적 상호작용 (3) 일과 에너지	2. 역학적 에너지 보존
성취기준	[12물리II01-10] 포물선 운동과 단진자 운동에서 역학적 에너지가 보존됨을 설명할 수 있다.	

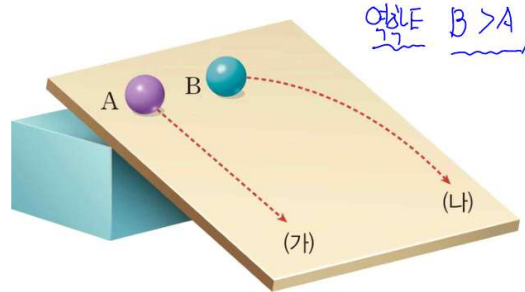
01 그림은 철수가 바닥에 있는 질량이 2 kg인 물체를 일정한 속력으로 이동시켜 2 m 높이에 있는 선반 위에 올려놓는 모습을 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?(단, 중력 가속도는 10 m/s²이다.)

보기 $W = mgh = 2 \times 10 \times 2 = 40J$

㉠ 철수가 물체에 한 일은 40 J이다.
 ㉡ 물체의 중력 퍼텐셜 에너지가 40 J 증가하였다.
 ㉢ 선반의 위치를 중력 퍼텐셜 에너지의 기준으로 하면 물체의 중력 퍼텐셜 에너지의 증가량은 ~~X~~이다. 40J

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉢
 ④ ㉠, ㉡ ⑤ ㉡, ㉢
 → 퍼텐셜 에너지는 차이가 중요.

02 그림 (가), (나)는 각각 기울기가 일정한 빗면의 같은 높이에서 가만히 놓은 물체 A와 동시에 수평 방향으로 밀어 놓은 물체 B가 운동하는 경로를 나타낸 것이다.



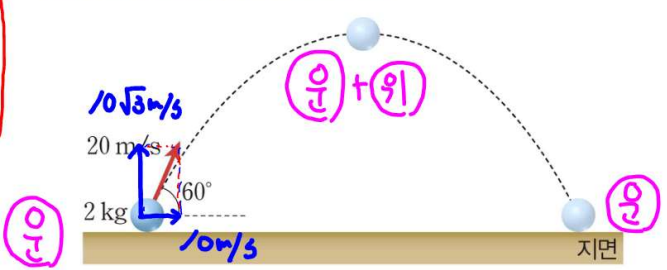
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?(단, A와 B의 질량은 같고, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

보기

㉠ 바닥에 도착하는 시간은 A가 B보다 ~~빠~~다. 같다 $A < B$
 ㉡ 내려가는 동안 A와 B의 역학적 에너지는 서로 ~~같~~다.
 ㉢ 내려가는 동안 A와 B의 중력 퍼텐셜 에너지는 서로 같다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉡
 ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

03 그림은 질량이 2 kg인 물체를 20 m/s의 속력으로 지면과 60°의 각으로 비스듬히 위로 던지는 모습을 나타낸 것이다. 지면에서 물체의 중력 퍼텐셜 에너지는 0이다.



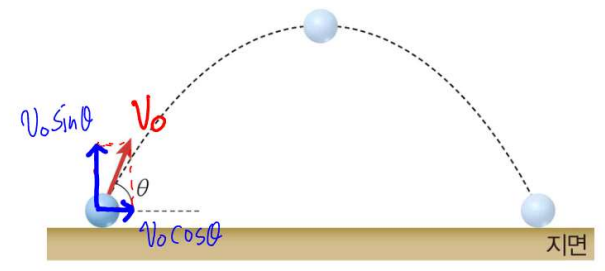
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?(단, 중력 가속도는 10 m/s²이고, 공기 저항은 무시한다.)

보기 $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times 20^2 = 400J$

㉠ 던진 순간 역학적 에너지는 400 J이다.
 ㉡ 최고점에서 운동 에너지는 100 J이다. → 수평속력 $E_k = \frac{1}{2} \times 2 \times 10^2 = 100J$
 ㉢ 최고점까지 올라간 높이는 15 m이다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉢
 ④ ㉠, ㉡ ⑤ ㉡, ㉢
 → $300J = mgh = 2 \times 10 \times 15$
 ⑥ ㉠, ㉡, ㉢

04 그림은 지면과 θ 의 각으로 비스듬히 위로 던진 물체의 운동 경로를 나타낸 것이다. 지면에서 물체의 중력 퍼텐셜 에너지는 0이다.

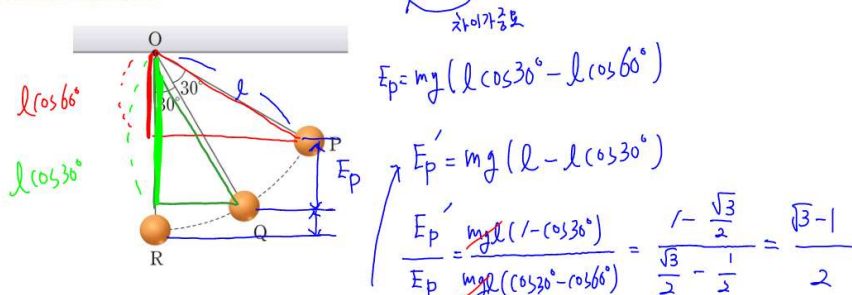


최고점에서 물체의 운동 에너지를 E_k , 중력 퍼텐셜 에너지를 E_p 라고 할 때 $\frac{E_k}{E_p}$ 는?(단, 중력 가속도는 g 이고, 공기 저항은 무시한다.)

$E_k = \frac{1}{2}m(v_0 \cos \theta)^2$ $E_p = mgh = \frac{1}{2}m(v_0 \sin \theta)^2$

① $\frac{1}{\tan^2 \theta}$ ② $\frac{1}{\tan \theta}$ ③ $\tan^2 \theta$
 ④ $\sin^2 \theta$ ⑤ $\cos^2 \theta$ ①, ② $\Rightarrow \frac{E_k}{E_p} = \frac{1}{\tan^2 \theta}$

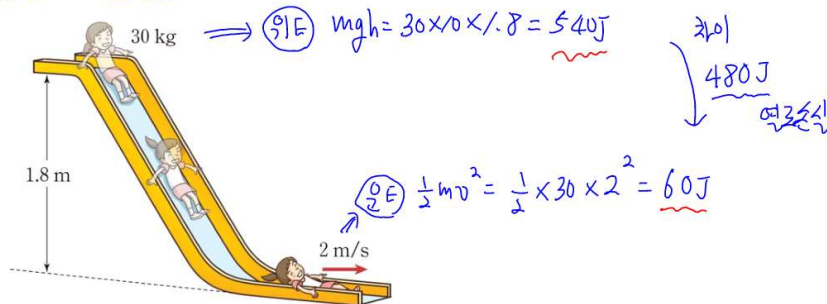
05 그림은 매달린 줄이 연직과 60° 의 각을 이루는 P점에서 가만히 놓은 추가 Q점과 최하점 R점을 지나는 것을 나타낸 것이다. P에서 Q, Q에서 R까지 줄이 이루는 각은 30° 로 같다. P에서 Q까지 이동하는 동안 중력 퍼텐셜 에너지의 변화량이 E_p 이다.



Q에서 R까지 이동하는 동안 중력 퍼텐셜 에너지의 변화량은?(단, 줄의 질량과 공기 저항은 무시한다.)

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

06 그림은 질량이 30 kg인 어린이가 1.8 m 높이의 미끄럼틀에서 정지 상태에서 출발하여 미끄럼틀을 미끄러져 내려가 바닥에서 속력이 2 m/s가 되는 모습을 나타낸 것이다.



미끄럼틀을 미끄러져 내려가는 동안 발생한 열에너지는 몇 kcal인지 풀이 과정을 포함하여 구하시오(단, 1 kcal=4.2 kJ이고, 중력 가속도는 10 m/s^2 , 마찰 과정에서 열에너지 외에 다른 에너지로의 전환은 무시한다.).

$$1 \text{ kcal} = 4200 \text{ J}$$

$$480 \text{ J} = \frac{1 \text{ kcal}}{4200 \text{ J}} = 0.11 \text{ kcal}$$



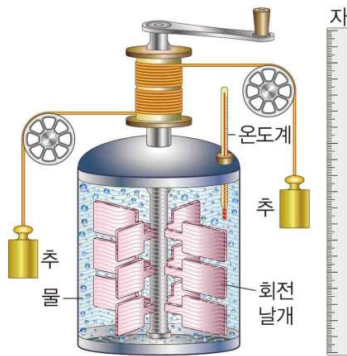
단원명	I. 역학적 상호작용 (3) 일과 에너지 3. 열의 일당량
-----	----------------------------------

성취기준	[12물리Ⅱ01-11] 열의 일당량 개념을 사용하여 열과 일 사이의 전환을 정량적으로 설명할 수 있다.
------	-----------------------------------------------------------

◎ 열의 일당량

1. 줄의 실험

- 줄은 무거운 추가 떨어지면서 회전 날개를 돌리는 장치를 고안하여 실험하였다.
- 추가 낙하하면서 열량계 속에 들어 있는 날개가 회전하면 물과 마찰하여 물의 온도가 올라간다.
- 추가 떨어지면서 추의 ① **퍼텐셜** 에너지는 추의 운동 에너지로 전환된다.
- 추의 역학적 에너지 중 일부가 물의 온도를 데우는 ② **열에너지** 로 전환된다.



확인 1 일과 에너지의 전환에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.

- 줄은 1843년 실험을 통해 열과 일 사이의 관계를 알아내었다. (○)
- 1 kcal의 열량은 4.2×10^3 J의 일에 해당한다. (○)
- 열역학 제2법칙은 열과 일을 포함한 에너지 보존 법칙이다. (×)

2. 1843년 줄의 실험을 통해 추가 한 일 W 와 물이 얻은 열량 Q 사이의 관계를 알아내었다.

$$\text{일} = \text{③ 열의 일당량} \times \text{④ 열량} \rightarrow W = JQ$$

3. ⑤ **열의 일당량** (J): 일이 열로 변환되는 비율

- 비례 상수 $J = 4.2 \times 10^3 \text{ J/kcal} \Rightarrow 1 \text{ kcal} = 4.2 \times 10^3 \text{ J} \Rightarrow 1 \text{ cal} = 4.2 \text{ J}$
- 열의 일당량은 1 kcal의 열량이 ⑥ $4.2 \times 10^3 \text{ J}$ 의 일에 해당한다는 것을 뜻한다.

※ 1 kcal \Rightarrow 1기압 1kg의 물은 1°C 올릴 때 드는 에너지

$$Q = c m \Delta T$$

↓ ↓ ↓
비열 1kg 1°C
(물 1kcal/kg·°C)

◎ 에너지 보존 법칙

1. 용수철에 연결된 물체의 에너지

* $Q = \Delta U + W$
* $U = \frac{3}{2} nRT, W = P\Delta V, PV = nRT$

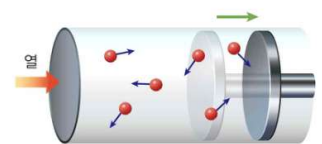
마찰이 없을 때	마찰이 있을 때
용수철에 연결된 물체는 역학적 에너지가 보존되어 ⑦ 단진동 한다.	용수철에 연결된 물체는 역학적 에너지가 ⑧ 열에너지 로 전환되어 진폭이 감소하다 정지한다.

2. ⑨ **열역학 제1법칙**: 기체가 열에너지 Q 를 얻어 내부 에너지 변화량 ΔU 만큼 증가하고 외부에 W 의 일을 한다면 $Q = \Delta U + W$ 의 관계가 성립한다.

3. ⑩ **에너지 보존법칙**: 한 계에서 열 출입이 있을 때 열과 일은 서로 전환되며 열에너지를 포함한 전체 에너지는 항상 일정하게 보존된다.

→ ⑪ **열역학 제2법칙**은 열에너지와 역학적 에너지를 포함한 에너지 보존 법칙이다.

확인 2 그림과 같이 단면적이 $2 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ 인 피스톤 속에 기체를 넣고 1기압 상태에서 500 J의 열을 가하였더니 피스톤이 0.2 m 팽라났다.



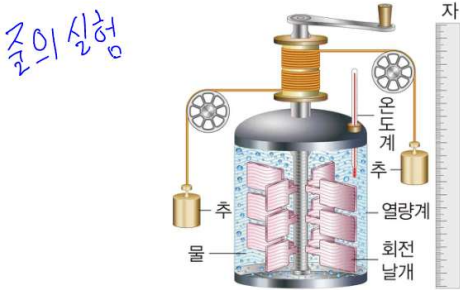
기체가 외부에 한 일의 양과 내부 에너지의 증가량을 구해 보자. (단, 1기압은 10^5 N/m^2 이다.)

* $Q = \Delta U + W, 500 \text{ J} = \Delta U + W$

* $W = P\Delta V = 10^5 \text{ N/m}^2 \times 2 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \times 0.2 \text{ m} = 40 \text{ J}$

단원명	I. 역학적 상호작용 (3) 일과 에너지 3. 열의 일당량
성취기준	[12물리II01-11] 열의 일당량 개념을 사용하여 열과 일 사이의 전환을 정량적으로 설명할 수 있다.

01 그림은 무거운 추가 떨어지는 동안 용기 속에 있는 날개가 회전하여 물의 온도가 올라가는 실험 장치를 나타낸 것이다.



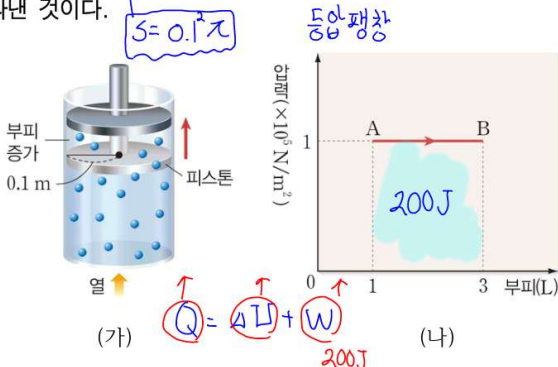
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㉠ 추의 역학적 에너지가 열에너지로 전환된다.
 - ㉡ 추와 물이 가지고 있는 에너지가 감소하는 현상이다.
 - ㉢ 줄은 이 실험을 통하여 $4 \times \text{kJ}$ 의 일은 $4 \times \text{kcal}$ 의 열에너지와 동등함을 알 수 있었다. 4.2kJ 1kcal

- ㉠ ㉡ ㉢
 ㉣, ㉡ ㉤, ㉢

$PV = nRT$ $U = \frac{3}{2}nRT$ $Q = \Delta U + W$ $W = P\Delta V$

02 그림 (가)는 일정량의 이상 기체가 들어 있는 실린더에 열을 가했더니 반지름이 0.1 m인 피스톤이 이동하여 기체의 부피가 증가하는 모습을, (나)는 (가)에서 피스톤이 이동하는 동안 실린더 내의 이상 기체의 압력과 부피가 A에서 B 상태로 변하는 모습을 나타낸 것이다.

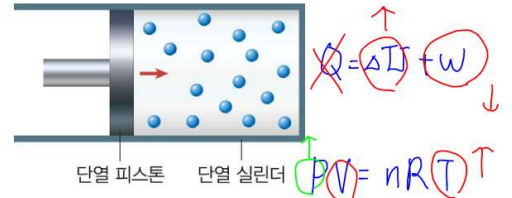


A에서 B로 변하는 동안, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㉠ 기체의 내부 에너지는 일정하다.
 - ㉡ 기체가 외부에 한 일은 300 J 이다. 200 J
 - ㉢ 기체가 피스톤에 작용하는 힘은 $1000\pi \text{ N}$ 이다. $p = \frac{F}{A}, F = PA = 1 \times 10^5 \times 0.1^2 \pi = 1000\pi \text{ N}$

- ㉠ ㉡ ㉢ $= 1000\pi \text{ N}$
 ㉣, ㉡ ㉤, ㉢

03 그림은 이상 기체가 들어 있는 단열 실린더에서 단열 피스톤을 밀어 기체의 부피를 줄이는 모습을 나타낸 것이다.

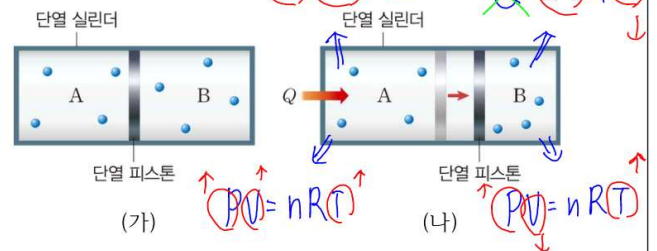


피스톤이 이동하는 동안에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?(단, 실린더와 피스톤 사이의 마찰은 무시한다.)

- 보기
- ㉠ 피스톤이 기체에 한 일은 기체의 내부 에너지 증가량과 같다.
 - ㉡ 기체의 온도는 일정하다. $\Delta U = Q + W$
 - ㉢ 기체의 압력은 감소한다.

- ㉠ ㉡ ㉢
 ㉣, ㉡ ㉤, ㉢

04 그림 (가)는 이상 기체가 들어 있는 단열 실린더가 단열 피스톤에 의해 A, B로 나누어져 있는 것을, (나)는 (가)에서 A의 기체에 열량 Q를 가했더니 피스톤이 천천히 이동하여 정지한 모습을 나타낸 것이다.



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

- 보기
- ㉠ B의 기체는 온도가 올라간다.
 - ㉡ B의 기체가 받은 일은 Q보다 작다. Q 이다
 - ㉢ A와 B의 기체 내부 에너지 변화량의 합은 0이다.

- ㉠ ㉡ ㉢
 ㉣, ㉡ ㉤, ㉢