

01강 시공간의 측정과 물체의 운동

학습 포인트 : **시간 · 공간의 정의와 국제 표준**을 알고, 표준을 확립하기 위한 과정을 이해합니다. 이동 거리와 변위의 개념과 함께 속력과 속도의 개념을 이해합니다. **등속도 운동과 등가속도 직선 운동식**을 이해하고 **그래프 해석 능력**을 키워 다양한 문제에 적용시킬 수 있어야 합니다.

출제 포인트	수능 출제 예상
시공간의 측정과 표준 이해하기	★★★
등속 직선 운동을 알고 분석하기	★★★★★
시간에 대한 다양한 그래프 해석하기	★★★★★

NOTE

1. 시간·공간의 측정과 표준

- ## 1) 시간의 측정과 표

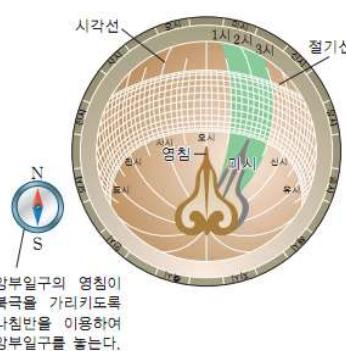
- ## (1) 시작과 시간

- ### ① 시각 : 어느 한 순간

- ② 시간 : 시각과 시각 사이의 간격
2) 시간의 표준 : 원자시. 세슘 원자가 방출하는 특정한 빛이 9,192,631,770번 진동하는 데 걸

- # 리는 시간

가로선(절기선, 계절선) :
태양의 고도에 따라 달라
지는 그림자의 길이를 이
용하여 절기를 알 수 있
다.



세로선(시각선) :
세로선의 정중앙(정
오)을 기준으로 왼쪽
은 오전, 오른쪽은 오
후이며, 세로선의 간
격은 2시간이다.

- 4) 표준 시간대 : 영국의 그리니치 천문대를 지나는 자오선을 기준으로 24개의 표준 시간대를 정하였다. $\frac{360^\circ}{24\text{시간}}$ 이므로 1시간 간격은 15° 간격이며, 우리나라는 동경 135° (영국 런던보다 9시간 빠름)를 기준으로 하는 표준 시간대를 사용한다.

2. 길이의 측정과 표준

- ### 1) 위치, 거리, 길이

- ### (1) 위치 : 공간의 한 점

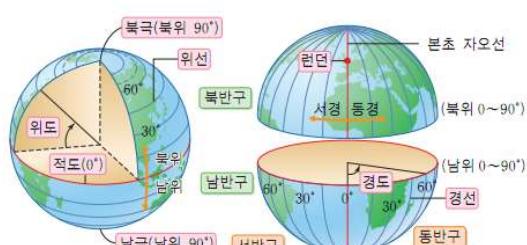
- (2) 거리 : 위치와 위치 사이의 간격

- (3) 길이 : 물체의 한 끝에서 다른 끝까지의 거리

- ## 2) 길이의 표준

- 299,792,458

- (1) 앤드-파크 조사으로부터 알나의 진도면과 앤드-파크는 진도



4) GPS : 인공위성을 사용하여 자신의 위치를 정확하게 알 수 있는 시스템으로, 3개의 인공위성에서 위치와 시간 정보를 수신하여 자신의 위치 좌표를 파악한다.

NOTE

3. 물체의 운동 (속도와 가속도)

1) 이동 거리와 변위

- (1) 이동 거리 : 물체가 이동한 경로의 거리
- (2) 변위 : 위치의 변화량으로, 처음 위치에서 나중 위치까지의 최단 거리

2) 속력과 속도

- (1) 속력 : 단위 시간 동안의 이동 거리 $v = \frac{s}{t}$

- (2) 속도 : 단위 시간 동안의 변위 $\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t}$

- (3) 상대 속도: 운동하고 있는 관찰자(A)가 본 물체(B)의 속도, $\vec{v}_{AB} = \vec{v}_B - \vec{v}_A$ [단위 : m/s]

3) 등속 직선 운동 : 물체의 속도가 일정한 운동, $s = vt$

4) 등가속도 직선 운동

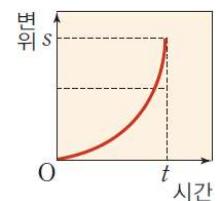
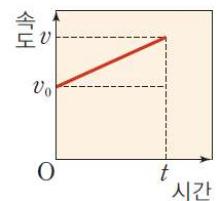
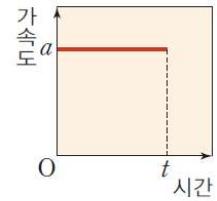
- (1) 가속도 : 물체의 시간에 따른 속도 변화량, $a = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}$

- (2) 등가속도 직선 운동 : 가속도가 일정한 직선 운동

- (3) 등가속도 직선 운동식 : $v = v_0 + at$,

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2,$$

$$2as = v^2 - v_0^2$$



필수 자료 분석

위치-시간 그래프, 속도-시간 그래프, 가속도-시간 그래프의 분석

구분	위치-시간 그래프	속도-시간 그래프	가속도-시간 그래프
그 래 프	위치 	속도 	가속도
A구간	속력 감소 (기울기 감소)	기울기=가속도, 넓이=변위	속도 변화량=s1 (속도가 s1만큼 증가)
B구간	속력 일정 (기울기 일정)	기울기=0 변위=s2	속도 변화량=0 (등속도 운동)
C구간	속력 증가 (기울기 증가)	기울기=(-) 변위=s3	속도 변화량=s2 (속도가 s2만큼 감소)

↑ 등가속도 직선 운동의 관계
그래프

[개념 확인 문제]

다음을 읽고 옳은 것은 O표, 옳지 않은 것은 X표 하시오.

1. 시각은 시간과 시간 사이의 간격이다. ()
2. 길이의 표준 1m는 빛이 진공 중에서 $\frac{1}{299,792,458}$ 초 동안 진행한 거리이다. ()
3. 등속도 운동은 운동 방향과 빠르기가 모두 일정한 운동이다. ()
4. 속도-시간 그래프에서 기울기는 가속도를, 넓이는 변위를 나타낸다. ()

|정답

1. X 2. O 3. O 4. O

02강 운동 법칙, 일과 에너지

학습 포인트: 뉴턴 운동 법칙을 이해하고 1차원 운동에 적용할 수 있습니다. 일상생활에서 **운동량과 충격량의 관계**를 이해합니다. 과학에서 정의하는 일과 일상생활에서 사용하는 일의 개념을 이해할 수 있습니다. 등가속도 운동에서 운동 에너지의 정의와 **일운동 에너지 정리**를 이해하고, 퍼텐셜 에너지와 **역학적 에너지 보존 법칙**을 이해하고 응용할 수 있습니다.

출제 포인트	수능 출제 예상
뉴턴의 운동 법칙 세 가지를 알고 실생활에 적용하기	★★★★★
일과 에너지의 관계를 이해하고 자료 분석하기	★★★★★
역학적 에너지 보존 법칙 이해하기	★★★★★

NOTE

구분	작용·반작용	힘의 평형
공통점	두 힘은 같은 선상에 있으며, 크기는 같고 방향은 반대	
차이점	두 힘의 작용 점은 각각 다른 물체에 있음	두 힘의 작용 점은 한 물체에 있음

↑ 작용반작용 법칙과 힘의 평형

1. 운동 법칙

1) 뉴턴 운동 법칙

(1) 뉴턴 운동 제1법칙(관성 법칙) : 물체에 작용하는 알짜힘이 0일 때, 정지해 있던 물체는 계속 정지해 있고, 운동하던 물체는 일직선으로 계속 등속 직선 운동한다.

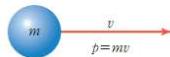
(2) 뉴턴 운동 제2법칙(가속도 법칙) : 운동하는 물체의 가속도(a)는 작용하는 힘(F)의 크기에 비례하고 질량(m)에 반비례한다. $F=ma$, $a=\frac{F}{m}$

(3) 뉴턴 운동 제3법칙 (작용·반작용 법칙) : 한 물체가 다른 물체에 힘을 작용하면 다른 물체도 그 물체에 크기는 같고 방향은 반대인 힘을 작용한다.

2) 운동량과 충격량

(1) 운동량 : 운동하는 물체의 운동 정도를 나타내는 물리량

$$\begin{aligned} p &: \text{운동량}(\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}) \\ \text{운동량} &= \text{질량} \times \text{속도} \\ m &: \text{물체의 질량}(\text{kg}) \\ p = mv & \\ v &: \text{물체의 속도}(\text{m}/\text{s}) \end{aligned}$$



(2) 충격량 : 물체가 받은 충격의 정도를 나타내는 물리량

$$\begin{aligned} I &: \text{충격량}(\text{N}\cdot\text{s}) \\ \text{충격량} &= \text{충격력} \times \text{시간} \\ F &: \text{물체에 가한 힘}(\text{N}) \\ I = F\Delta t & \\ \Delta t &: \text{물체에 힘을 가한 시간}(\text{s}) \end{aligned}$$

(3) 운동량과 충격량의 관계 : 충격량 = 운동량의 변화량

$$\vec{I} = \vec{F}\Delta t = \vec{mv} - \vec{mv}_0 = \vec{\Delta p} \quad [\text{단위} : \text{N}\cdot\text{s} = \text{m}/\text{s}^2]$$

(4) 일상생활에서의 운동량과 충격량

① 같은 크기의 힘이 작용할 때 : 힘이 작용하는 시간이 길수록 충격량이 크다. 예 대포의 포신이 길수록 더 멀리 쓸 수 있음, 풀스윙을 하면 공이 더 멀리 날아감

② 충격량이 같을 때 : 충돌 시간이 길수록 충격력의 크기가 감소한다. 예 자동차의 범퍼, 더 두꺼운 포수의 글러브

2. 일과 에너지

1) 일 : 물체에 힘을 작용하여 힘의 방향으로 이동하였을 때 물체에 작용한 힘이 일을 하였다고 한다.

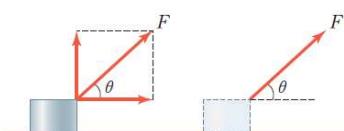
(1) 힘 F 를 작용하여 힘의 방향으로 s 만큼 이동하였을 때의 일

$$W = Fs \quad [\text{단위} : \text{J}]$$

(2) 힘의 방향과 물체의 이동 방향이 비스듬할 때의 일

$$W = Fscos\theta \quad [\text{단위} : \text{J}]$$

(3) 일률 : 단위 시간 동안 물체에 한 일, 일률 = $\frac{\text{한일}}{\text{시간}}$, $P = \frac{W}{t}$



↑ 힘과 물체의 이동 방향이 비스듬할 때의 일

NOTE

2) 역학적 에너지

(1) 운동 에너지 : 운동하고 있는 물체가 가지는 에너지

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 \text{ [단위 : J]}$$

(2) 일과 운동 에너지의 관계 : 물체에 한 일만큼 물체의 운동 에너지가 변한다.

$$W = F_s = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = \Delta E_k \text{ [단위 : J]}$$

(3) 퍼텐셜 에너지

① 중력에 의한 퍼텐셜 에너지 : 기준점으로부터 높이 h 인 곳에 있는 물체가 갖는 에너지 $E_p = mgh$ [단위 : J]

② 탄성력에 의한 퍼텐셜 에너지 : 변형된 물체가 갖는 에너지

$$E_p = \frac{1}{2}kx^2 \text{ [단위 : J]}$$

(4) 역학적 에너지 보존

① 역학적 에너지 : 물체의 운동 에너지와 퍼텐셜 에너지의 합

② 역학적 에너지 보존 법칙 : 마찰이나 저항이 없으면 역학적 에너지는 항상 일정하게 보존된다.

③ 중력에 의한 역학적 에너지 보존

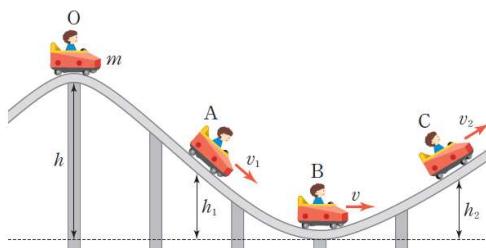
$$\begin{aligned} E &= \frac{1}{2}mv_1^2 + mgh_1 \\ &= \frac{1}{2}mv_2^2 + mgh_2 = \text{일정} \end{aligned}$$

④ 탄성력에 의한 역학적 에너지 보존

$$\begin{aligned} E &= \frac{1}{2}kx_1^2 + \frac{1}{2}mv_1^2 \\ &= \frac{1}{2}kx_2^2 + \frac{1}{2}mv_2^2 \end{aligned}$$

필수 자료 분석

중력에 의한 역학적 에너지 보존 (롤러코스터)



위치	운동 에너지	퍼텐셜 에너지	역학적 에너지
O	0 (최소)	mgh (최대)	mgh (일정)
A	$\frac{1}{2}mv_1^2 = mg(h-h_1)$	mgh_1	
B	$\frac{1}{2}mv^2$ (최대) = mgh	0 (최소)	
C	$\frac{1}{2}mv_2^2 = mg(h-h_2)$	mgh_2	

$$mgh = mgh_1 + \frac{1}{2}mv_1^2 = mgh_2 + \frac{1}{2}mv_2^2 = \frac{1}{2}mv^2 = \text{일정}$$

[개념 확인 문제]

다음을 읽고 옳은 것은 O표, 옳지 않은 것은 X표 하시오.

1. 가속도의 크기는 질량에 비례한다. ()
2. 두 물체가 충돌할 때 서로 주고받는 충격량의 크기는 같다. ()
3. 운동 에너지는 물체의 속력에 비례한다. ()
4. 역학적 에너지는 물체의 운동 에너지와 퍼텐셜 에너지의 합이다. ()

정답

1. X 2. O 3. X 4. O

03강 케플러 법칙과 상대성 이론

학습 포인트 : 뉴턴의 만유인력 법칙으로 케플러 법칙을 설명할 수 있고, **케플러의 세 가지 법칙**을 이해할 수 있어야 합니다. **특수 상대성 이론**의 두 가지 가설을 알고, 나타나는 현상(동시성, 시간 팽창, 길이 수축, 질량에너지 동등성)을 정리하고, 등가 원리와 **일반 상대성 이론**의 적용, 중력 렌즈 효과를 이해할 수 있어야 합니다.

출제 포인트	수능 출제 예상
케플러의 세 가지 법칙 이해하기	★★★★★
특수 상대성 이론과 현상 이해하기	★★★★★
일반 상대성 이론과 그 증거 이해하기	★★★★★

NOTE

1. 케플러 법칙과 만유인력 법칙

1) 행성의 운동에 대한 인식 변화

천동설 프톨레마이오스	→	지동설 코페르니쿠스	→	행성의 타원 운동 케플러
<ul style="list-style-type: none"> · 지구가 우주의 중심 · 태양을 포함한 모든 행성은 지구를 중심으로 원운동을 한다. 		<ul style="list-style-type: none"> · 태양이 우주의 중심 · 지구를 포함한 모든 행성들이 태양 주위를 원 운동을 한다. 		<ul style="list-style-type: none"> · 행성은 원운동이 아닌 타원 운동을 한다.

2) 케플러 법칙

(1) 케플러 제1법칙(타원 궤도 법칙) : 행성은 태양을 한 초점으로 하는 타원 궤도를 따라 운동한다.

(2) 케플러 제2법칙(면적 속도 일정 법칙) : 행성이 타원 궤도를 돌면서 일정한 시간 동안 태양과 잇는 선이 훨씬 긴 부채꼴의 면적은 항상 같다.

(3) 케플러 제3법칙(조화 법칙) : 행성의 공전 주기(T)의 제곱은 공전 궤도 반지름(a)의 세 제곱에 비례한다. $\rightarrow T^2 \propto a^3$

3) 만유인력 법칙

(1) 만유인력 : 두 물체 사이에 작용하는 만유인력(F)은 각 물체의 질량의 곱에 비례하고, 물체들 사이의 거리의 제곱에 반비례한다.

$$F = G \frac{Mm}{r^2} \quad (G\text{는 만유인력 상수})$$

(2) 인공위성과 만유인력 법칙

① 인공위성의 운동 : $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ (궤도 반지름이 r 인 인공위성의 공전 속도)

② 인공위성의 역학적 에너지 : $U = -\frac{GMm}{r}$ (만유인력에 의한 퍼텐셜 에너지)

2. 특수 상대성 이론

1) 특수 상대성 이론의 가설

(1) 상대성 원리(제1가설) : 모든 관성 좌표계에서 물리 법칙은 동일하게 성립한다.

(2) 광속 불변의 법칙(제2가설) : 모든 관성 좌표계에서 보았을 때, 진공에서 진행하는 빛의 속도는 관측자의 운동 상태나 광원의 운동 상태와 관계없이 항상 일정하다.

2) 특수 상대성 이론의 현상

(1) 동시성의 상대성 : 한 좌표계에서 동시에 일어난 두 사건은 다른 좌표계에서 볼 때 동시에 일어난 것이 아닐 수 있다.

(2) 시간 팽창 : 움직이는 관찰자가 측정하는 시간 간격은 정지한 관찰자가 측정하는 시간 보다 길다. 즉, 움직이는 시계는 느리게 간다.

$$\Delta t = \gamma \Delta t_0 \quad (\text{로런츠 인자 } \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}}) \quad (\Delta t_0 : \text{고유 시간})$$

(3) 길이 수축 : 움직이는 관찰자가 측정하는 두 물체 사이의 거리는 정지한 관찰자가 측정한 거리보다 짧다. 즉, 움직이는 물체의 길이는 줄어든다.

$$L = \frac{L_0}{\gamma} \quad (L_0 : \text{고유 길이})$$

(4) 질량-에너지 동등성

NOTE

① 등속 운동하는 물체의 질량 : $m = \gamma m_0$ (m_0 : 정지 질량)

② 질량과 에너지는 상호 전환됨 : $E = mc^2 = \gamma m_0 c^2$

3. 일반 상대성 이론

1) 등가원리

(1) 관성 좌표계와 가속 좌표계

① 관성 좌표계 : 정지해 있거나 등속 직선 운동하는 좌표계

② 가속 좌표계 : 가속도 운동을 하고 있는 좌표계

(2) 등가 원리 : 가속 좌표계 내의 물체가 가속도 방향과 반대 방향으로 느끼는 가상의 힘. 관성력과 중력은 본질적으로 구별되지 않는다.

(3) 공간의 휘어짐: 질량이 공간을 휘게 하며, 중력은 공간의 휘어짐에 의한 하나의 현상이다.

2) 일반 상대성 이론의 증거

(1) 수성의 세차 운동 : 수성의 근일점이 태양 주위를 공전할 때마다 이동한다.

(2) 빛의 휨 : 지구-태양-별이 일직선상에 있어 보일 수 없는 별이 태양의 중력에 휘어져 지구에서 관찰된다. (중력 렌즈 현상)

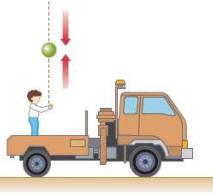
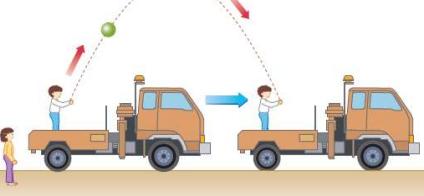
(3) 중력에 의한 시간 팽창 : 가속도 운동을 하는 물체나 중력의 영향을 받는 물체는 시간의 흐름이 늦어진다.

(4) 블랙홀 : 극단적인 공간의 휘어짐으로 인해 빛조차 빠져나올 수 없는 거대 질량의 천체

필수 자료 분석

관성계

등속도로 운동하는 자동차 내부에서 철수가 공을 위로 던졌을 때, 영희가 자동차 밖에서 이를 관찰하고 있다. 공은 어떻게 운동할까?

자동차에 탄 사람이 본 공의 운동	자동차 밖의 사람이 본 공의 운동
	

등속 직선 운동을 하며 움직이고 있는 자동차 내에서 던져진 공은 다시 제자리로 돌아온다.

영희의 입장에서는 공이 포물선 운동을 하는 것처럼 보인다. 던져 올린 공의 운동과 자동차의 등속 직선 운동이 합쳐져 보이기 때문이다.

→ 철수와 영희가 서로 다른 계에 있기 때문에 같은 공이라도 다른 운동을 한 것처럼 보인다. 정지하고 있거나 등속 직선 운동을 하는 장소를 ‘관성계’라고 하는데, 칼릴레이의 상대성 원리는 관성계에서만 적용할 수 있다.

[개념 확인 문제]

다음을 읽고 옳은 것은 O표, 옳지 않은 것은 X표 하시오.

1. 행성들은 태양을 한 초점으로 하는 타원 궤도 운동을 한다. ()

2. 중력은 시간에 영향을 주지 않는다. ()

3. 수성의 세차 운동, 중력 렌즈 현상, 블랙홀 등은 일반 상대성 이론의 현상들이다. ()

|정답

1. O 2. X 3. O