

# 과학 계열 선택 과목 교육과정



# 일러두기

과학 계열 선택 과목 교육과정은 아래의 문서 목차를 기준으로 작성되었으며,  
목차 및 주요 용어의 의미에 대한 해설을 참고하여 교육활동에 활용하시기 바랍니다.

## 교육과정 설계의 개요

- 교과(목) 교육과정의 설계 방향에 대한 개괄적인 소개
- 교과(목)와 총론의 연계성, 교육과정 구성 요소(영역, 핵심 아이디어, 내용 요소 등) 간의 관계, 교과 역량 등 설명

## 1. 성격 및 목표

**성격** 교과(목) 교육의 필요성 및 역할 설명

**목표** 교과(목) 학습을 통해 기르고자 하는 능력과 학습의 도달점을  
총괄 목표와 세부 목표로 구분하여 제시

## 2. 내용 체계 및 성취기준

**내용 체계** 학습 내용의 범위와 수준을 나타냄

- **영역**: 교과(목)의 성격에 따라 기반 학문의 하위 영역이나 학습 내용을 구성하는 일차 조직자
- **핵심 아이디어**: 영역을 아우르면서 해당 영역의 학습을 통해 일반화할 수 있는 내용을 핵심적으로 진술한 것. 이는 해당 영역 학습의 초점을 부여하여 깊이 있는 학습을 가능하게 하는 토대가 됨
- **내용 요소**: 교과(목)에서 배워야 할 필수 학습 내용
  - **지식·이해**: 교과(목) 및 학년(군)별로 해당 영역에서 알고 이해해야 할 내용
  - **과정·기능**: 교과 고유의 사고 및 탐구 과정 또는 기능
  - **가치·태도**: 교과 활동을 통해 기를 수 있는 고유한 가치와 태도

**성취기준** 영역별 내용 요소(지식·이해, 과정·기능, 가치·태도)를 학습한 결과  
학생이 궁극적으로 할 수 있거나 할 수 있기를 기대하는 도달점

- **성취기준 해설**: 해당 성취기준의 설정 취지 및 의미, 학습 의도 등 설명
- **성취기준 적용 시 고려 사항**: 영역 고유의 성격을 고려하여 특별히 강조하거나 중요하게 다루어야 할 교수·학습 및 평가의 주안점, 총론의 주요 사항과 해당 영역의 학습과의 연계 등 설명

## 3. 교수·학습 및 평가

**교수·학습** ■ **교수·학습의 방향**: 교과(목)의 목표를 달성하기 위한 교수·학습의 원칙과 중점 제시

- **교수·학습 방법**: 교수·학습의 방향에 따라 교과(목) 수업에서 활용할 수 있는 교수·학습 방법이나 유의 사항 제시

**평가** ■ **평가의 방향**: 교과(목)의 목표를 달성하고 학습을 지원하기 위한 평가의 원칙과 중점 제시

- **평가 방법**: 평가의 방향에 따라 교과(목)의 평가에서 활용할 수 있는 평가 방법이나 유의 사항 제시



## 차 례



## [선택 중심 교육과정]

## [진로 선택 과목]

|                 |     |
|-----------------|-----|
| ○ 전문 수학 .....   | 3   |
| ○ 이산 수학 .....   | 17  |
| ○ 고급 대수 .....   | 30  |
| ○ 고급 미적분 .....  | 43  |
| ○ 고급 기하 .....   | 56  |
| ○ 고급 물리학 .....  | 68  |
| ○ 고급 화학 .....   | 79  |
| ○ 고급 생명과학 ..... | 91  |
| ○ 고급 지구과학 ..... | 103 |
| ○ 과학과제 연구 ..... | 115 |
| ○ 정보과학 .....    | 125 |

## [융합 선택 과목]

|                 |     |
|-----------------|-----|
| ○ 물리학 실험 .....  | 137 |
| ○ 화학 실험 .....   | 149 |
| ○ 생명과학 실험 ..... | 161 |
| ○ 지구과학 실험 ..... | 174 |





# 과학 계열 선택 중심 교육과정

-진로 선택 과목-



# 전문 수학

## 1. 성격 및 목표

### 가. 성격

‘전문 수학’은 삼각함수와 미적분, 기하, 확률과 통계의 심화된 내용을 이해하고 탐구하는 과목이다. ‘전문 수학’은 수학의 여러 영역의 내용을 이해하는 데 도움을 주며 타 교과 학습의 기초가 된다.

‘전문 수학’을 학습한 학생들은 미적분을 활용하여 자연 및 사회 현상을 분석하고 해석하며 수학의 유용성을 인식할 수 있고, 도형의 성질을 추측하고 증명하는 과정을 통해 공간 추론 능력을 기를 수 있으며, 도형을 좌표공간에서 순서쌍과 방정식으로 나타냄으로써 수학 영역 사이의 연결성을 이해할 수 있다. 또한 경우의 수와 확률, 통계 지식을 바탕으로 자료를 목적에 맞게 수집, 변환, 종합하여 정리하는 과정에서 데이터 기반 소양을 함양할 수 있고 적절한 교구나 공학 도구를 활용함으로써 정보처리 능력을 기를 수 있다. ‘전문 수학’은 자신의 진로와 적성을 고려하여 더욱 심화된 수학을 학습하기를 원하는 학생들이 선택할 수 있다. ‘전문 수학’은 자연과학, 공학, 의학뿐만 아니라 경제·경영학을 포함한 사회과학, 인문학, 예술 및 체육 분야를 학습하는 데 기초가 되며, 나아가 학생이 적성을 발견하고 진로를 설계하는 기반을 제공한다.

학생들은 ‘전문 수학’의 학습을 통해 수학 지식을 이해하고 수학적 사고 과정에 요구되는 기능을 형성하며 수학의 가치를 인식하고 바람직한 수학적 태도를 갖추어 수학 교과 역량을 함양할 수 있다. 또한 ‘전문 수학’을 학습하는 과정에서 협력하여 문제를 해결하고 성찰하는 경험을 통해 다른 사람에 대한 포용성을 갖춘 민주 시민이자 인간과 환경의 공존 및 지속가능한 발전을 추구하며 사회적 책임감을 가지고 합리적으로 의사 결정하는 세계 공동체의 일원으로 성장할 수 있다.

## 나. 목표

‘전문 수학’의 개념, 원리, 법칙을 이해하고 수학의 가치를 인식하며 바람직한 수학적 태도를 길러 수학적으로 추론하고 의사소통하며 다양한 현상과 연결하여 정보를 처리하고 문제를 창의적으로 해결하는 수학 교과 역량을 함양한다.

- (1) 수학적 지식을 이해하고 활용하여 적극적이고 자신감 있게 여러 가지 문제를 해결한다.
- (2) 수학적 사실에 흥미와 관심을 갖고 추측과 정당화를 통해 추론한다.
- (3) 수학적 사고와 전략에 대해 의사소통하고 수학적 표현의 편리함을 인식한다.
- (4) 수학의 개념, 원리, 법칙 간의 연결성을 탐구하고 실생활이나 타 교과에 수학을 적용하여 수학의 유용성을 인식한다.
- (5) 목적에 맞게 교구나 공학 도구를 활용하며 자료를 수집하고 처리하여 정보에 근거한 합리적 의사 결정을 한다.

## 2. 내용 체계 및 성취기준

### 가. 내용 체계

|         |           |                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 핵심 아이디어 |           | <ul style="list-style-type: none"><li>• 여러 가지 함수를 미분하고 적분하는 방법은 다양한 변화 현상을 표현하고 분석하기 위한 유용한 도구이다.</li><li>• 방정식과 벡터는 평면도형과 공간도형의 기하적 성질을 대수적으로 탐구할 때 활용된다.</li><li>• 통계는 확률의 성질과 정리를 활용하여 예측하고자 하는 집단의 속성을 표본으로부터 추정하여 사회의 불확실성을 이해하는 데 유용한 도구이다.</li></ul> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 범주      |           | 구분                                                                                                                                                                                                                                                          | 내용 요소                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 지식 · 이해 | 삼각함수와 미적분 |                                                                                                                                                                                                                                                             | <ul style="list-style-type: none"><li>• 삼각함수의 활용</li><li>• 삼각함수와 역삼각함수의 그래프</li><li>• 미분법</li><li>• 적분법</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|         | 기하        |                                                                                                                                                                                                                                                             | <ul style="list-style-type: none"><li>• 이차곡선</li><li>• 공간도형과 공간좌표</li><li>• 벡터</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|         | 확률과 통계    |                                                                                                                                                                                                                                                             | <ul style="list-style-type: none"><li>• 경우의 수</li><li>• 확률</li><li>• 통계</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 과정 · 기능 |           |                                                                                                                                                                                                                                                             | <ul style="list-style-type: none"><li>• 연역적 추론을 통해 삼각함수와 관련된 공식, 기하와 관련된 명제 증명하기</li><li>• 삼각함수의 그래프 그리기</li><li>• 삼각함수와 미적분, 기하, 확률과 통계의 개념, 원리, 법칙, 성질을 설명하기</li><li>• 수학의 개념, 성질, 공식, 규칙에 근거하여 값 또는 식을 구하기</li><li>• 삼각함수와 미적분, 기하, 확률과 통계의 개념, 원리, 법칙을 활용하기</li><li>• 도형을 방정식과 벡터로 표현하기</li><li>• 적절한 전략을 사용하여 문제해결하기</li><li>• 삼각함수와 미적분, 기하, 확률과 통계의 개념, 원리, 법칙, 관계를 탐구하기</li><li>• 적절한 공학 도구를 이용하여 수학적 대상 탐구하기</li><li>• 모평균 및 모비율을 추정하기</li><li>• 기하, 확률과 통계의 개념을 실생활과 연결하기</li></ul> |
| 가치 · 태도 |           |                                                                                                                                                                                                                                                             | <ul style="list-style-type: none"><li>• 연역적으로 증명하여 논리성을 추구하는 태도</li><li>• 문제해결 도구로서의 이차곡선과 벡터의 유용성 인식</li><li>• 확률 및 통계적 근거를 바탕으로 합리적으로 의사 결정을 하는 태도</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

## 나. 성취기준

### (1) 삼각함수와 미적분

- [12전수01-01] 삼각함수와 관련된 여러 가지 공식을 증명하고, 이를 활용할 수 있다.
- [12전수01-02] 코시컨트함수, 시컨트함수, 코탄젠트함수의 그래프를 그리고, 그 성질을 설명할 수 있다.
- [12전수01-03] 역삼각함수의 뜻과 성질을 이해하고, 그 그래프를 그릴 수 있다.
- [12전수01-04] 코시컨트함수, 시컨트함수, 코탄젠트함수, 역삼각함수를 미분하고, 여러 가지 함수의 고계도함수를 구할 수 있다.
- [12전수01-05] 로피탈의 정리를 이해하고, 이를 활용할 수 있다.
- [12전수01-06] 구분구적법을 이해하고, 정적분의 뜻을 설명할 수 있다.
- [12전수01-07] 다양한 적분 방법을 이용하여 여러 가지 함수의 부정적분과 정적분을 구할 수 있다.

#### (가) 성취기준 해설

- [12전수01-01] 삼각함수의 합성, 배각의 공식, 반각의 공식, 삼각함수의 곱을 삼각함수의 합 또는 차의 꼴로 나타내는 공식, 삼각함수의 합 또는 차를 삼각함수의 곱의 꼴로 나타내는 공식을 다룬다.
- [12전수01-03] 아크사인함수, 아크코사인함수, 아크탄젠트함수, 아크코시컨트함수, 아크시컨트함수, 아크코탄젠트함수를 다룬다.
- [12전수01-04] 다항함수, 지수함수와 로그함수, 삼각함수, 역삼각함수 등 다양한 함수의 고계도함수를 구하게 한다.
- [12전수01-07] 삼각함수의 거듭제곱의 곱으로 나타낸 함수의 적분, 삼각치환을 이용한 적분법, 유리함수의 적분을 다룬다. 유리함수를 부분분수의 형태로 나타내어 적분할 때, 임의의 다항함수는 1차 인수와 기약인 2차 인수의 곱으로 인수분해할 수 있음을 증명된 사실로 받아들이고 사용하게 한다.

#### (나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- ‘삼각함수와 미적분’ 영역에서는 용어와 기호로 ‘삼각함수의 합성, 배각의 공식, 반각의 공식, 역삼각함수, 이계도함수, 고계도함수, 로피탈의 정리, 구분구적법,  $\sin^{-1}x$ ,  $\arcsin x$ ,  $\cos^{-1}x$ ,  $\arccos x$ ,  $\tan^{-1}x$ ,  $\arctan x$ ,  $y''$ ,  $f''(x)$ ,  $\frac{d^2y}{dx^2}$ ,  $\frac{d^2}{dx^2}f(x)$ ,  $y^{(n)}$ ,  $f^{(n)}(x)$ ,  $\frac{d^n y}{dx^n}$ ,  $\frac{d^n}{dx^n}f(x)$ ’을 다룬다.

## (2) 기하

- [12전수02-01] 이차곡선의 뜻을 알고, 이차곡선을 방정식으로 표현할 수 있다.
- [12전수02-02] 이차곡선의 접선의 방정식을 구할 수 있다.
- [12전수02-03] 직선과 평면에 관한 여러 가지 명제를 증명하고, 이를 활용하여 문제를 해결할 수 있다.
- [12전수02-04] 도형의 정사영의 뜻을 알고, 도형과 정사영의 관계를 탐구할 수 있다.
- [12전수02-05] 좌표공간에서 두 점 사이의 거리와 선분의 내분점, 외분점의 좌표, 구의 방정식을 구할 수 있다.
- [12전수02-06] 벡터의 뜻을 알고, 벡터의 덧셈, 뺄셈, 실수배를 할 수 있다.
- [12전수02-07] 위치벡터, 내적과 외적의 뜻을 알고, 이를 활용할 수 있다.
- [12전수02-08] 벡터를 이용하여 직선과 평면, 원과 구의 방정식을 구할 수 있다.

### (가) 성취기준 해설

- [12전수02-03] 직선과 직선, 직선과 평면, 평면과 평면의 위치 관계, 삼수선 정리를 다룬다.
- [12전수02-07] 벡터를 표현하는 방법에는 기하적 방법과 대수적 방법이 있음을 인식하게 한다.

### (나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- ‘기하’ 영역에서는 용어와 기호로 ‘이차곡선, 포물선(축, 꼭짓점, 초점, 준선), 타원(초점, 꼭짓점, 중심, 장축, 단축), 쌍곡선(초점, 꼭짓점, 중심, 주축, 점근선), 교선, 삼수선 정리, 이면각(변, 면, 크기), 정사영, 좌표공간, 공간좌표,  $P(x, y, z)$ , 외분, 벡터, 시점, 중점, 벡터의 크기, 단위벡터, 영벡터, 실수배, 평면벡터, 공간벡터, 위치벡터, 벡터의 성분, 내적, 외적, 방향벡터, 법선벡터,  $\overrightarrow{AB}$ ,  $\vec{a}$ ,  $|\vec{a}|$ ,  $\vec{a} \cdot \vec{b}$ ,  $\vec{a} \times \vec{b}$ ’를 다룬다.
- 벡터는 평면벡터와 공간벡터를 다룬다.
- 평면도형과 공간도형을 다룰 때 공학 도구를 이용할 수 있다.
- 기하와 관련된 여러 가지 명제를 연역적으로 증명하는 과정을 통해 논리성을 추구하는 태도를 길러 민주 시민으로서의 소양을 함양하게 한다.
- 이차곡선과 벡터가 활용되는 다양한 사례를 제시하여 이차곡선과 벡터의 유용성을 인식하게 한다.

## (3) 확률과 통계

- [12전수03-01] 여러 가지 순열과 중복조합을 이해하고, 그 순열의 수와 중복조합의 수를 구하는 방법을 설명할 수 있다.
- [12전수03-02] 이항정리를 이해하고, 이를 활용하여 문제를 해결할 수 있다.

- [12전수03-03] 통계적 확률과 수학적 확률의 관계를 이해하고, 확률의 기본 성질을 설명할 수 있다.
- [12전수03-04] 확률에 대한 여러 가지 개념과 정리를 이해하고, 이를 활용하여 문제를 해결할 수 있다.
- [12전수03-05] 확률변수와 확률분포의 뜻을 설명할 수 있다.
- [12전수03-06] 이산확률변수의 기댓값(평균)과 표준편차를 구하고, 이항분포의 뜻과 성질을 이해하고, 평균과 표준편차를 구할 수 있다.
- [12전수03-07] 연속확률변수의 기댓값(평균)과 표준편차를 구하고, 정규분포의 뜻과 성질을 이해하고, 정규분포와 이항분포의 관계를 설명할 수 있다.
- [12전수03-08] 모집단과 표본의 뜻을 알고, 표본추출의 방법을 설명할 수 있다.
- [12전수03-09] 표본평균과 모평균, 표본비율과 모비율의 관계를 이해하고 모평균 및 모비율을 추정할 수 있다.

(가) 성취기준 해설

- [12전수03-01] 원순열, 중복순열, 같은 것이 있는 순열과 중복조합을 다룬다.
- [12전수03-04] 확률의 덧셈정리, 여사건의 확률, 조건부확률, 사건의 독립과 종속, 확률의 곱셈정리를 다룬다.
- [12전수03-09] 모평균 추정은 모집단의 분포가 정규분포인 경우만 다루고, 모비율의 추정은 표본의 크기가 큰 경우만 다룬다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- ‘확률과 통계’ 영역에서는 용어와 기호로 ‘원순열, 중복순열, 중복조합, 이항정리, 이항계수, 파스칼의 삼각형, 시행, 통계적 확률, 수학적 확률, 여사건, 배반사건, 조건부확률, 종속, 독립, 독립시행, 확률변수, 이산확률변수, 확률분포, 연속확률변수, 기댓값, 이항분포, 큰 수의 법칙, 정규분포, 표준정규분포, 모집단, 표본, 전수조사, 표본조사, 임의추출, 모평균, 모분산, 모표준편차, 표본평균, 표본분산, 표본표준편차, 모비율, 표본비율, 추정, 신뢰도, 신뢰구간,  ${}_nH_r$ ,  ${}_nH_r$ ,  $P(A)$ ,  $P(B|A)$ ,  $P(X=x)$ ,  $E(X)$ ,  $V(X)$ ,  $\sigma(X)$ ,  $B(n, p)$ ,  $N(m, \sigma^2)$ ,  $N(0, 1)$ ,  $\bar{X}$ ,  $S^2$ ,  $S$ ,  $\hat{p}$ ’을 다룬다.
- 실생활의 소재를 활용하여 중복순열과 중복조합, 정규분포, 조건부확률의 필요성과 유용성을 인식하도록 다양한 교수·학습 경험을 제공한다.
- 통계적 확률, 이항분포, 모평균 및 모비율의 추정을 다룰 때, 공학 도구를 이용함으로써 디지털 소양을 함양하게 할 수 있다.
- 사건이 일어날 가능성을 수치화하는 경험을 통해 문제를 해결하고 미래를 예측하며 합리적으로 의사 결정하게 한다.

- 불확실성의 해석에 대한 통계의 유용성을 인식하고 합리적인 판단을 추구하는 민주 시민으로서의 소양을 기르게 한다.
- 모집단의 설정, 표본추출, 모평균 또는 모비율의 추정과 그 결과의 해석을 평가할 때는 통계적 문제해결에 기반한 평가를 할 수 있다.

### 3. 교수 · 학습 및 평가

#### 가. 교수 · 학습

##### (1) 교수 · 학습의 방향

- (가) '전문 수학' 교육과정에 제시된 성격, 목표, 내용 체계, 성취기준, 평가와 일관성을 가지도록 교수 · 학습을 운영한다.
- (나) 핵심 아이디어를 중심으로 수학의 지식 · 이해, 과정 · 기능, 가치 · 태도를 통합적으로 교수 · 학습하여 수학 교과 역량을 함양하고 수리 소양을 갖추게 한다.
- (다) 학생이 주도적으로 수학을 학습하여 '전문 수학' 교육과정에 제시된 목표를 달성하도록 교수 · 학습을 운영한다.
- (라) '전문 수학' 내용 특성에 적합한 교구나 공학 도구를 선택하여 효율적인 교수 · 학습이 이루어지도록 하고 학생들의 디지털 소양 함양을 도모한다. 그리고 수학 교과서 읽기, 수학 학습 과정과 결과 쓰기, 문장제 해결 등을 통해 학생들의 언어 소양 함양을 도모한다.
- (마) '전문 수학' 내용의 특성, 학교 여건, 학생의 학습 능력과 수준 등을 고려하여 교수 · 학습을 운영한다.
- (바) 학생 개인의 필요, 수학 학습 속도, 학습 능력 등을 고려하여 학생 맞춤형 수업을 실시하고 보충 학습과 심화 학습의 기회를 제공한다.
- (사) '전문 수학' 교수 · 학습에서 범교과 학습 주제(안전 · 건강, 인성, 진로, 민주 시민, 인권, 다문화, 통일, 독도, 경제 · 금융, 환경 · 지속가능발전 등)를 현상이나 소재로 선택하여 활용할 수 있다.
- (아) 사회적 환경, 학생의 요구, 수학 내용의 특성, 수업 방식 등에 따라 온라인을 활용한 교수 · 학습을 운영할 수 있다.

(자) '전문 수학'의 최소 성취수준을 설정하고 최소 성취수준 보장을 위한 학습 기회를 제공한다.

(차) '전문 수학'의 교수·학습 계획을 수립하거나 교수·학습 자료 개발 등을 할 때 교육과정을 재구성할 수 있다.

## (2) 교수·학습 방법

(가) 수학 교과 역량 함양을 통해 수학을 깊이 있게 학습하고 적용할 기회를 제공한다.

① 다음과 같은 교수·학습 방법을 통해 문제해결 역량을 함양하게 한다.

- ㉠ 수학의 개념, 원리, 법칙을 이용하여 해결 가능한 문제를 학생에게 제시한다. 이때 다양한 방법으로 해결 가능한 문제, 여러 가지 해답이 나올 수 있는 문제 등을 활용할 수 있다.
- ㉡ 문제에 주어진 조건과 정보를 분석하고 적절한 문제해결 계획을 수립하고 실행하며 문제해결 과정을 반성하도록 구체적인 발문과 권고를 제시한다.
- ㉢ 문제해결 과정 및 결과의 의미를 재해석하여 주어진 문제를 변형하거나 새로운 문제를 만들어 해결하게 한다.
- ㉣ 성공적인 문제해결 경험을 바탕으로 적극적이고 자신감 있게 문제해결에 참여하게 하고, 단번에 답이 나오지 않는 문제라도 끈기 있게 도전하여 성취감을 느끼게 한다.

② 다음과 같은 교수·학습 방법을 통해 추론 역량을 함양하게 한다.

- ㉠ 수학의 개념, 원리, 법칙에 흥미와 관심을 갖고 다양한 방법으로 탐구하고 이해하게 한다. 수학은 항상 참인 경우를 사실로 받아들이며 반례가 있는 경우는 참이 되지 않음을 이해하게 한다.
- ㉡ 귀납, 유추 등의 개연적 추론을 통해 수학적 추측을 제기하고 일반화하며 증명하면서, 수학적 증거와 논리적 근거를 바탕으로 비판적으로 사고하는 태도를 갖게 한다.
- ㉢ 수학의 개념, 원리, 법칙을 도출하는 과정과 수학적 절차를 논리적이고 체계적으로 수행하고 반성하게 한다.

③ 다음과 같은 교수·학습 방법을 통해 의사소통 역량을 함양하게 한다.

- ㉠ 수학 용어, 기호, 표, 그래프 등의 수학적 표현을 정확하게 사용하고 표현끼리 변환하게 한다.
- ㉡ 학생이 자신의 사고와 전략을 수학적 표현으로 나타내고 설명하면서 수학적 표현의 편리함을 인식하게 한다.
- ㉢ 학생 간 상호 작용과 질문이 활발한 교실 문화를 조성하고 수학적으로 의미 있는 의사소통이 이루어지도록 적절한 과제를 제시하고 안내한다.

㉔ 수학적 아이디어에 대해 상호 작용하는 과정에서 타인을 배려하고 의견을 존중하는 태도를 기르게 한다.

④ 다음과 같은 교수·학습 방법을 통해 연결 역량을 함양하게 한다.

㉑ 수학의 개념, 원리, 법칙 등을 유기적으로 연계하여 새로운 지식을 생성하면서 창의성을 기르게 한다. 특히 공간좌표와 공간도형을 대수적으로 다루고, 평면도형과 공간도형의 성질을 벡터를 활용하여 탐구할 수 있는 기회를 제공한다.

㉒ 수학과 실생활, 사회 및 자연 현상, 타 교과와 내용을 연계하는 과제를 활용하여 수학의 유용성을 인식하게 한다.

⑤ 다음과 같은 교수·학습 방법을 통해 정보처리 역량을 함양하게 한다.

㉑ 실생활 및 수학적 문제 상황에서 자료를 탐색하고 수집하며 수학적으로 처리하여 합리적인 의사 결정을 하는 태도를 기르게 한다.

㉒ 교구나 공학 도구를 활용하여 추상적인 수학 내용을 시각화하고 수학의 개념, 원리, 법칙에 대한 직관적 이해와 논리적 사고를 돕는다.

㉓ 학생이 주도적으로 교구나 공학 도구를 활용하여 탐구하게 한다.

㉔ 계산 기능 함양을 목표로 하지 않는 교수·학습 상황에서는 복잡한 계산을 할 때 공학 도구를 이용할 수 있게 한다.

(나) 학생들이 수학 학습에 주도적으로 참여하는 교수·학습 환경과 분위기를 조성한다.

① 수학 학습의 주체가 학생 자신임을 인식하고 수학 학습에 적극적으로 참여하도록 유도한다.

② 스스로 수학 학습 목표와 계획을 세우고 학습 결과를 평가하고 성찰하도록 안내한다.

③ 수학을 효과적으로 학습하는 방법을 탐색하고 자신의 학습 과정과 태도를 돌아보고 조절하는 자기주도적 학습 습관을 형성하도록 지도한다.

④ 교사 및 동료와 협력적 관계 속에서 수학 학습에 대한 조언과 의견을 경청하고 수용할 수 있도록 허용적인 분위기를 조성한다.

⑤ 수학 학습에 자신감을 가지고 실수가 배움의 기회임을 인식하며 끈기 있게 도전하도록 격려하고 지원한다.

(다) '전문 수학'의 수업은 학습 내용, 학생의 학습 능력과 수준 등을 고려하여 다음의 교수·학습 방안을 적절히 선택하여 적용한다.

① 설명식 교수는 교사가 설명과 시연을 통해 수업을 주도하는 교수·학습 방안으로, 수업 내용을 구조화하여 체계적으로 지도하는 데 효과적이다. 이때, 교사는 학생의 적극적인 수업 참여를 유도하고, 사고를 촉진하는 발문을 적절히 활용한다.

② 토의·토론 학습은 특정 주제에 대해 협의하거나 논의하는 교수·학습 방안으로, 학생

- 들이 수학 내용을 폭넓게 이해하고 자신의 주장을 효과적으로 표현하고 다른 사람의 의견을 비판적 사고를 통해 수용하여 합리적으로 의사 결정하는 태도를 기를 수 있게 한다.
- ③ 협력 학습은 모둠 내의 상호 작용, 의사소통, 참여를 통해 공동의 학습 목표에 도달하도록 하는 교수·학습 방안으로, 다른 사람을 존중하고 배려하며 모둠 내의 역할을 수행하고 책임감을 기를 수 있게 한다.
  - ④ 탐구 학습은 학생이 중심이 되어 수학의 개념, 원리, 법칙을 발견하고 구성하는 교수·학습 방안으로, 학생 스스로 자료와 정보로부터 지식을 도출하거나 지식의 타당성을 확인하는 것이 중요함을 알게 할 수 있다.
  - ⑤ 프로젝트 학습은 학생 스스로 특정 주제나 과제를 탐구하고 해결하기 위해 계획을 수립하고 수행하여 결과물을 산출하고 공유하는 교수·학습 방안으로, 자기주도적으로 수학 지식과 경험을 통합하게 할 수 있다.
  - ⑥ 수학적 모델링은 학생의 삶과 연계된 현상을 다양한 수학적 표현 방식을 이용하여 수학적 모델로 만들고 수학적 모델을 다시 실생활이나 사회 및 자연 현상에 적용하는 교수·학습 방안으로, 수학의 응용에 대한 넓은 안목을 갖게 할 수 있다.
  - ⑦ 놀이 및 게임 학습은 호기심과 흥미를 유발하는 놀이 및 게임 활동을 활용하는 교수·학습 방안으로, 활동 속에서 수학 개념이나 원리를 탐구하고 동료와 경쟁 또는 협력하면서 자연스럽게 수학에 접근하고 수학 학습에 대한 자신감 및 의사소통 역량을 기르게 할 수 있다.
- (라) 수학 교수·학습 과정에서 학생의 다양성을 고려하고 학생의 성장을 지원하기 위한 맞춤형 지도를 실시한다.
- ① 학생의 수학 학습 수준이나 사고방식의 차이를 존중하여 학생 개인에게 적합한 학습 과제를 선정하여 제시하고, 학생이 소재나 과정을 선택하고 구성할 수 있도록 수학 학습 활동을 설계한다.
  - ② 학생의 시도와 성취에 대해 구체적으로 격려하고 칭찬하며, 동료 학생의 학습 수준이나 학습 결과에 대해 포용적인 교실 문화를 형성한다.
  - ③ 학생의 수학 학습 과정과 결과를 점검하여 학생의 성장 발전을 지원하고, 이때 온라인 학습 관리 시스템을 활용할 수 있다.
- (마) 범교과 학습 또는 타 교과와의 연계를 고려하여 수학 교수·학습 과정을 설계할 수 있다.
- ① 범교과 학습 주제에 관심을 갖고 각종 자료와 정보를 수집하여 수학적으로 분석 및 해석하게 하고, 수학적 분석 결과에 근거하여 토의와 토론에 참여하게 한다.
  - ② 가정, 학교, 지역사회와의 연계나 타 교과와의 연계를 고려하여 범교과 학습 주제에 대

한 프로젝트를 수행할 수 있다.

- ③ 수학적 모델링을 활용하여 타 교과와 내용을 맥락으로 수학의 개념, 원리, 법칙 등을 다루는 연계 수업을 할 수 있다.

(바) 온라인 수학 교수·학습 상황에서는 다음 사항에 유의한다.

- ① 원격수업을 실시하는 경우, 학생의 특성과 학습 내용의 성격에 적합하고 안정적으로 운영할 수 있는 온라인 학습 플랫폼을 선택하여 수업 목표, 수업 내용, 수업 전략을 설계하고 운영한다.
- ② 학습 내용과 학생의 수준에 적합한 매체와 도구를 활용하여 학습의 효율성과 다양성을 도모한다.
- ③ 원격수업에서도 학생 참여형 수업이 이루어질 수 있도록 하고 적절한 조언과 발문을 통하여 학습 참여를 이끌어 낸다.
- ④ 온라인 교수·학습 자료를 활용할 때는 공표된 저작물의 출처를 명시하고 다른 누리집 등에 공유하지 않도록 안내한다.

## 나. 평가

### (1) 평가의 방향

- (가) 학생의 수학 학습에 대한 정보를 수집·활용하여 학생의 주도적 학습과 성장을 지원하고 교사의 수업 개선을 돕도록 지속적으로 평가를 실시한다.
- (나) '전문 수학' 교육과정에 제시된 성격, 목표, 내용 체계, 성취기준, 교수·학습과 일관성을 가지도록 평가를 실시한다.
- (다) 학생의 수학 학습을 돕기 위해 수업과 평가를 통합하여 과정을 중시하는 평가를 실시한다.
- (라) 수학 내용 체계의 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 학습 결과뿐 아니라 학습 과정에서 균형 있게 평가한다.
- (마) '전문 수학' 이수 전에 최소 성취수준을 학생에게 제시하고, 학생이 평가 과정에 적극적으로 참여하고 스스로 설정한 수학 학습 목표 달성 여부를 점검할 수 있게 한다.
- (바) 학생의 사회·문화적 배경, 신체 특성 등이 불리하게 작용하지 않도록 평가를 실시하고, 학생의 사전 지식, 수학에 대한 흥미, 학습 유형, 학습 수준을 고려하여 평가 목적, 교수

· 학습 내용 및 방법에 따라 다양한 평가 방법을 적용한다.

(사) 진단 평가, 형성 평가, 총괄 평가 등을 적절히 활용하여 수학 학습 과정과 결과에 대한 구체적인 정보를 바탕으로 학생의 특성과 학습 결손을 파악하고 개별적 지원 방안을 마련한다.

(아) 온라인 수학 수업에서 평가를 할 때 학습 환경 등의 외적 요소가 수학 학습 과정과 평가 결과에 영향을 미치지 않도록 한다.

(자) 평가 절차를 개방적이고 공정하게 시행하고 학생의 수학 학습에 대한 의미 있는 정보를 학생, 학부모에게 제공한다.

## (2) 평가 방법

(가) 수학 수업과 연계하여 과정을 중시하는 평가를 실시할 때는 다음 사항을 고려한다.

- ① 성취기준을 중심으로 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도 범주를 평가 요소로 구체화한다.
- ② 교수·학습과 연계하여 적절한 평가 도구와 준거를 개발하고 평가를 실시한다.
- ③ 평가 결과에 기반하여 학생의 학습 정보 및 수행 과정을 학생과 학부모에게 환류한다.

(나) 수학 교과 역량을 평가할 때는 다음 사항을 고려한다.

- ① 문제해결 역량의 평가는 수학의 개념, 원리, 법칙을 문제 상황에 적절히 활용하는지, 주어진 조건과 정보를 분석하고 적절한 해결 전략을 탐색하여 해결하는지, 문제해결 과정을 돌아보며 절차에 따라 타당하게 결과를 얻어내고 이를 반성하는지, 적극적이고 자신감 있게 문제해결에 참여하는지, 적절한 방법을 찾기 위해 끈기 있게 도전하는지 등을 고려한다.
- ② 추론 역량의 평가는 수학의 개념, 원리, 법칙을 이해하는지, 논리적으로 절차를 수행하는지, 수학적 지식을 다양한 방법으로 탐구하는지, 관찰에 근거하여 추측하고 일반화를 할 수 있는지, 추측의 근거를 제시하는지, 타당한 정당화를 하는지, 수학에 대한 흥미와 관심을 갖는지, 체계적으로 사고하려는 성향이 있는지, 수학적 증거와 논리적 근거를 바탕으로 비판적으로 사고하는 태도를 갖는지 등을 고려한다.
- ③ 의사소통 역량의 평가는 수학 용어, 기호, 표, 그래프 등 수학적 표현을 이해하고 정확하게 사용하는지, 적절한 수학적 표현을 선택할 수 있는지, 수학적 표현 간에 변환을 할 수 있는지, 수학적 아이디어나 수학 학습 과정 및 결과에 대해 표현하고 다른 사람의 견해를 이해하는지, 수학적 표현의 편리함을 인식하는지, 타인을 배려하고 의견을 존중하는지 등을 고려한다.
- ④ 연결 역량의 평가는 영역이나 학년(군) 내용 사이에서 개념, 원리, 법칙을 적절하게 관련

지어 이해하는지, 수학의 개념, 원리, 법칙을 연계하여 새로운 지식을 생성할 수 있는지, 수학을 실생활이나 타 교과 지식, 기능, 경험에 적용할 수 있는지, 실생활이나 타 교과의 지식, 기능, 경험을 수학적으로 해석할 수 있는지, 수학을 바탕으로 창의적으로 관련성을 찾을 수 있는지, 수학의 유용성을 인식하는지 등을 고려한다.

- ⑤ 정보처리 역량의 평가는 자료와 정보를 목적에 맞게 수집하고 변환하고 정리하는지, 자료를 바탕으로 도출한 결론이 적절한지, 교구나 공학 도구를 적절하게 활용하는지, 수학적 근거를 바탕으로 합리적으로 의사 결정하는 태도를 갖는지 등을 고려한다.

(다) 학생의 수학 학습 과정과 결과는 다양한 평가 방안을 사용하여 양적 또는 질적으로 평가한다.

- ① 지필평가는 수학 내용 체계의 지식·이해, 과정·기능을 평가하는 데 활용할 수 있고, 선택형, 단답형, 서·논술형 등의 다양한 문항 유형을 사용할 수 있다.
- ② 프로젝트 평가는 학생 스스로 특정 주제나 과제를 탐구하고 해결하기 위해 계획을 수립하고 수행하는 과정과 그 결과물을 평가하는 방안으로, 수학 내용 체계의 세 범주를 종합적으로 평가할 때 활용할 수 있다.
- ③ 포트폴리오 평가는 학생의 성장에 대한 정보를 얻기 위해 수학 학습 수행과 그 결과물을 일정 기간 수집하여 평가하는 방안으로, 수학 교과 역량의 발달을 종합적으로 평가할 때 활용할 수 있다.
- ④ 관찰 평가, 면담 평가, 구술 평가는 학생 개인 및 소집단을 관찰, 학생과의 질의응답, 학생의 발표를 통해 평가하는 방안으로, 학생의 사고 방법, 수행 과정, 수학 내용 체계의 가치·태도 등을 평가할 때 활용할 수 있다.
- ⑤ 자기 평가는 학생 스스로 자신의 학습 과정과 결과를 평가하는 방안으로, 수학 내용의 이해와 수행 과정, 문제해결과 추론 과정의 반성, 자신의 생각 표현, 수학 내용 체계의 가치·태도 등을 평가할 때 활용할 수 있다.
- ⑥ 동료 평가는 동료 학생들이 상대방을 서로 평가하는 방안으로, 협력 학습 상황에서 학생 개개인의 역할 수행이나 집단 활동의 기여를 평가할 때 활용할 수 있다.

(라) 교구나 공학 도구를 활용하여 평가할 때는 다음 사항을 고려한다.

- ① 성취기준의 도달 여부를 판단하는 데 교구나 공학 도구의 사용이 효과적인 경우 이를 활용한 평가를 실시할 수 있다.
- ② 교구나 공학 도구를 활용하여 평가할 때는 교구나 공학 도구의 기능 및 조작이 아닌 수학 내용의 탐구 과정을 평가한다.

(마) 온라인 수학 교수·학습 환경에서 평가할 때는 다음 사항을 고려한다.

- ① 온라인 수학 학습에서는 학생의 활동에 근거한 구체적인 자료를 사용하여 평가한다.
- ② 온라인 학습 플랫폼이나 학습 관리 시스템을 이용하여 학생의 수행 과정을 관찰하고 개별 맞춤형으로 환류할 수 있다.
- ③ 학생의 접속 환경 미비로 인한 불참 시 기회 부여 등에 대해 방안을 마련하고 형평성의 문제가 제기되지 않도록 사전에 안내한다.

(바) '전문 수학'의 최소 성취수준 보장을 위해 다음 사항에 유의한다.

- ① '전문 수학'의 최소 성취수준을 학생에게 공지하여 학생 스스로 성취목표를 설정하고 학습에 참여하도록 한다.
- ② 진단 평가를 통해 학생의 '전문 수학'의 최소 성취수준 도달 가능성을 예측하고 학습 의욕과 동기를 유발하여 최소 성취수준에 도달하도록 안내한다.
- ③ 형성 평가를 통해 학생의 '전문 수학'의 학습 과정을 지속적으로 관찰하고 학생이 자신의 학습에 대한 조치를 할 수 있도록 평가 결과를 환류한다.

# 이산 수학

## 1. 성격 및 목표

### 가. 성격

'이산 수학'은 이산적인 현상을 수학적으로 해석하고 탐구하는 과목이다. '이산 수학'에서 학습한 내용은 자연수와 같은 이산적인 대상의 규칙성 및 기본적인 세기 방법을 탐구하고 자연 현상이나 사회 현상의 여러 연결 관계를 표현하는 수학적 모델인 그래프를 활용하여, 유한이나 불연속의 이산적인 상황을 해석하고 미래를 예측하는 데 도움이 된다.

'이산 수학'을 학습한 학생들은 실생활의 이산적인 현상을 모델링하는 유용한 도구를 학습하고 컴퓨터 과학의 이론적 토대인 알고리즘과 논리 회로를 다루어, 디지털 사회에서 얻은 정보를 비판적으로 분석하고 해석하면서 수학의 유용성을 인식할 수 있다. '이산 수학'은 자신의 진로와 적성을 고려하여 더욱 심화된 수학을 학습하기를 원하는 학생들이 선택할 수 있다. '이산 수학'에서 학습한 내용은 자연과학, 공학, 의학뿐만 아니라 경제·경영학을 포함한 사회과학, 인문학, 예술 및 체육 분야를 학습하는 데 기초가 된다.

학생들은 '이산 수학'의 학습을 통해 수학 지식을 이해하고 수학적 사고 과정에 요구되는 기능을 형성하며 수학의 가치를 인식하고 바람직한 수학적 태도를 갖추어 수학 교과 역량을 함양할 수 있다. 또한 '이산 수학'을 학습하는 과정에서 협력하여 문제를 해결하고 성찰하는 경험을 통해 다른 사람에 대한 포용성을 갖춘 민주 시민이자 인간과 환경의 공존 및 지속가능한 발전을 추구하며 사회적 책임감을 가지고 합리적으로 의사 결정하는 세계 공동체의 일원으로 성장할 수 있다.

### 나. 목표

'이산 수학'의 개념, 원리, 법칙을 이해하고 수학의 가치를 인식하며 바람직한 수학적 태도를 길러 수학적으로 추론하고 의사소통하며 다양한 현상과 연결하여 정보를 처리하고 문제를 창의적으로 해결하는 수학 교과 역량을 함양한다.

- (1) 이산 수학의 지식을 이해하고 활용하여 적극적이고 자신감 있게 여러 가지 문제를 해결한다.
- (2) 이산적 현상과 관련된 수학에 흥미와 관심을 갖고 추측과 정당화를 통해 추론한다.
- (3) 이산 수학에서 활용되는 사고와 전략에 대해 의사소통하고 수학적 표현의 편리함을 인식한다.
- (4) 이산 수학과 관련된 수학의 개념, 원리, 법칙 간의 관련성을 탐구하고 실생활이나 타 교과에 수학을 적용하여 수학의 유용성을 인식한다.
- (5) 목적에 맞게 교구나 공학 도구를 활용하며 이산적 자료를 수집하고 처리하여 정보에 근거한 합리적 의사 결정을 한다.

## 2. 내용 체계 및 성취기준

### 가. 내용 체계

|         |              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |       |
|---------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 핵심 아이디어 |              | <ul style="list-style-type: none"><li>• 순열, 조합, 분할을 포함하여 경우의 수를 세는 여러 가지 방법은 다양한 문제 상황에 활용된다.</li><li>• 이산적으로 변화하는 현상은 점화식을 이용하여 표현되며, 알고리즘은 컴퓨터를 이용하여 복잡한 문제를 해결할 때 도움이 된다.</li><li>• 디지털 시스템에서는 이진법을 이용하여 수를 표현하고, 논리 회로를 표현하고 최적화하는 데 부울 함수가 이용된다.</li><li>• 실생활의 이산적인 현상을 파악하고 대상들 사이의 관계를 모델링하는 데 그래프가 이용된다.</li></ul>                                                                                               |       |
| 범주      |              | 구분                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 내용 요소 |
| 지식 · 이해 | 선택과 배열       | <ul style="list-style-type: none"><li>• 순열과 조합</li><li>• 세기의 방법</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |       |
|         | 점화 관계와 알고리즘  | <ul style="list-style-type: none"><li>• 점화 관계</li><li>• 알고리즘</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |       |
|         | 수의 표현과 부울 대수 | <ul style="list-style-type: none"><li>• 진법</li><li>• 부울 함수</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |       |
|         | 그래프          | <ul style="list-style-type: none"><li>• 그래프</li><li>• 여러 가지 그래프</li><li>• 그래프의 활용</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |       |
| 과정 · 기능 |              | <ul style="list-style-type: none"><li>• 적절한 전략을 사용하여 문제해결하기</li><li>• 수열을 귀납적으로 정의하기</li><li>• 이산 수학의 개념, 원리, 법칙, 성질 탐구하기</li><li>• 논리적 절차를 수행하고 반성하기</li><li>• 이산적인 현상을 알고리즘, 그래프, 행렬 등으로 표현하기</li><li>• 부울 함수를 간소화하여 표현하기</li><li>• 경우의 수, 분할의 수, 일반항을 구하는 과정 설명하기</li><li>• 수학적 표현 사이의 관계를 설명하기</li><li>• 수학 외적 연결을 통해 논리 회로 설계하기</li><li>• 이산 수학의 개념, 원리, 법칙, 성질을 활용하기</li><li>• 자료와 정보에 기반하여 합리적으로 의사 결정하기</li></ul> |       |
| 가치 · 태도 |              | <ul style="list-style-type: none"><li>• 이산적 현상에서 공학 도구를 이용하여 문제해결의 효율성을 추구하는 태도</li><li>• 수학적 절차를 알고리즘으로 표현하는 것의 유용성 인식</li><li>• 그래프를 활용하여 합리적으로 의사 결정하는 태도</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                    |       |

## 나. 성취기준

### (1) 선택과 배열

- [12이수01-01] 원순열, 염주순열, 중복순열, 같은 것이 있는 순열을 이해하고, 그 순열의 수를 구하는 방법을 설명할 수 있다.
- [12이수01-02] 중복조합을 이해하고, 중복조합의 수를 구하는 방법을 설명할 수 있다.
- [12이수01-03] 포함배제의 원리를 이해하고, 이를 활용하여 문제를 해결할 수 있다.
- [12이수01-04] 집합의 분할과 자연수의 분할을 이해하고, 그 분할의 수를 구하는 방법을 설명할 수 있다.
- [12이수01-05] 비둘기집의 원리를 이해하고, 이를 활용하여 문제를 해결할 수 있다.

#### (가) 성취기준 해설

- [12이수01-04] 집합의 분할의 수와 자연수의 분할의 수에 대한 점화식을 증명하고, 이를 활용하여 여러 가지 분할 및 분배 상황에 대한 경우의 수를 구할 수 있게 한다.

#### (나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- ‘선택과 배열’ 영역에서는 용어와 기호로 ‘원순열, 염주순열, 중복순열, 중복조합, 포함배제의 원리, 집합의 분할, 자연수의 분할, 비둘기집(의) 원리,  ${}_n\Pi_r$ ,  ${}_nH_r$ ,  $S(n,k)$ ,  $P(n,k)$ ’를 다룬다.
- 문제해결 과정에서 복잡한 계산을 할 때 공학 도구를 이용하게 함으로써 디지털 소양을 함양하게 한다.

### (2) 점화 관계와 알고리즘

- [12이수02-01] 수열을 귀납적으로 정의할 수 있다.
- [12이수02-02] 귀납적으로 정의된 수열의 일반항을 구하는 방법을 설명할 수 있다.
- [12이수02-03] 알고리즘의 뜻을 알고, 이를 표현할 수 있다.
- [12이수02-04] 재귀적 알고리즘을 이해하고, 이를 표현할 수 있다.
- [12이수02-05] 여러 가지 알고리즘의 논리적 절차를 수행하고 반성할 수 있다.

#### (가) 성취기준 해설

- [12이수02-02] 이웃한 두 항, 이웃한 세 항으로 이루어진 점화식을 변형하여 일반항을 구할 수 있도록 하며, 그 과정에서 특성방정식의 근을 이용하는 방법을 다룰 수 있다.
- [12이수02-03] 알고리즘의 표현 방법으로 순서도와 의사코드를 다룬다.
- [12이수02-04]  $n!$ , 집합의 분할, 수의 분할, 피보나치 수열, 하노이의 탑, 최대공약수 등의

재귀적 알고리즘을 다룰 수 있다.

- [12이수02-05] 에라토스테네스의 체, 유클리드 호제법, 이분법 및 방정식의 해 구하기와 같은 일반적인 수학 문제의 해법에 관한 알고리즘을 다룰 수 있다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- ‘점화 관계와 알고리즘’ 영역에서는 용어와 기호로 ‘점화 관계, 귀납적 정의, 특성방정식, 알고리즘, 순서도, 의사코드, 재귀(적) 알고리즘’을 다룬다.
- 수학적 문제해결 절차를 알고리즘으로 표현하는 것의 유용성을 인식하게 한다.
- 알고리즘을 코드로 작성하고 실행할 때 공학 도구를 이용할 수 있다.

(3) 수의 표현과 부울 대수

[12이수03-01] 진법의 원리를 알고, 진법 사이의 관계를 설명할 수 있다.

[12이수03-02] 이진수의 사칙연산의 원리를 이해하고, 그 계산을 할 수 있다.

[12이수03-03] 부울 함수를 이해하고, 이를 간소화할 수 있다.

[12이수03-04] 부울 함수를 이용하여 여러 가지 논리 회로를 설계할 수 있다.

(가) 성취기준 해설

- [12이수03-01] 이진법, 십진법, 십육진법 등을 다룰 수 있다.
- [12이수03-02] 보수 개념을 이용한 정수 표현 방법을 이해하고 이를 바탕으로 이진수의 사칙연산을 할 수 있게 한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- ‘수의 표현과 부울 대수’ 영역에서는 용어와 기호로 ‘진법, 이진수, 보수, 부울 대수, 부울 함수, 부울 함수의 간소화, 논리 회로’를 다룬다.
- 부울 함수를 다룰 때 진리표를 이용할 수 있다.
- 부울 함수를 이용하여 논리 회로를 설계할 때 공학 도구를 이용할 수 있다.

(4) 그래프

[12이수04-01] 그래프의 뜻을 알고, 실생활 문제를 그래프로 표현할 수 있다.

[12이수04-02] 그래프에서 꼭짓점의 차수의 합과 변의 개수의 관계를 설명할 수 있다.

[12이수04-03] 그래프를 인접행렬로 나타내고, 그 성질을 탐구할 수 있다.

[12이수04-04] 평면그래프의 뜻을 알고, 그 성질을 탐구할 수 있다.

[12이수04-05] 오일러그래프와 해밀턴그래프의 뜻을 알고, 이를 활용할 수 있다.

[12이수04-06] 수형도와 생성수형도의 뜻을 알고, 이를 의사 결정에 활용할 수 있다.

[12이수04-07] 채색수와 채색다항식을 활용하여 여러 가지 문제를 해결할 수 있다.

(가) 성취기준 해설

- 없음

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- ‘그래프’ 영역에서는 용어와 기호로 ‘그래프, 그래프의 꼭짓점, 그래프의 변, 꼭짓점의 차수, 경로, 회로, 인접행렬, 평면그래프, 오일러그래프, 해밀턴그래프, 수형도, 생성수형도, 채색수, 채색다항식’을 다룬다.
- 그래프는 단순 그래프만을 다룬다.
- 그래프를 이용하여 실생활 문제를 해결하는 다양한 경험을 통해 수학의 유용성을 인식하게 한다.

### 3. 교수·학습 및 평가

#### 가. 교수·학습

(1) 교수·학습의 방향

- (가) '이산 수학' 교육과정에 제시된 성격, 목표, 내용 체계, 성취기준, 평가와 일관성을 가지도록 교수·학습을 운영한다.
- (나) 핵심 아이디어를 중심으로 수학의 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 통합적으로 교수·학습하여 수학 교과 역량을 함양하고 수리 소양을 갖추게 한다.
- (다) 학생이 주도적으로 수학을 학습하여 '이산 수학' 교육과정에 제시된 목표를 달성하도록 교수·학습을 운영한다.
- (라) ‘이산 수학’ 내용 특성에 적합한 교구나 공학 도구를 선택하여 효율적인 교수·학습이 이루어지도록 하고 학생들의 디지털 소양 함양을 도모한다. 그리고 수학 교과서 읽기, 수학 학습 과정과 결과 쓰기, 문장제 해결 등을 통해 학생들의 언어 소양 함양을 도모한다.
- (마) ‘이산 수학’ 내용의 특성, 학교 여건, 학생의 학습 능력과 수준 등을 고려하여 교수·학습을 운영한다.

- (바) 학생 개인의 필요, 수학 학습 속도, 학습 능력 등을 고려하여 학생 맞춤형 수업을 실시하고 보충 학습과 심화 학습의 기회를 제공한다.
- (사) ‘이산 수학’ 교수·학습에서 범교과 학습 주제(안전·건강, 인성, 진로, 민주 시민, 인권, 다문화, 통일, 독도, 경제·금융, 환경·지속가능발전 등)를 현상이나 소재로 선택하여 활용할 수 있다.
- (아) 사회적 환경, 학생의 요구, 수학 내용의 특성, 수업 방식 등에 따라 온라인을 활용한 교수·학습을 운영할 수 있다.
- (자) ‘이산 수학’의 최소 성취수준을 설정하고 최소 성취수준 보장을 위한 학습 기회를 제공한다.
- (차) ‘이산 수학’의 교수·학습 계획을 수립하거나 교수·학습 자료 개발 등을 할 때 교육과정을 재구성할 수 있다.

## (2) 교수·학습 방법

(가) 수학 교과 역량 함양을 통해 수학을 깊이 있게 학습하고 적용할 기회를 제공한다.

- ① 다음과 같은 교수·학습 방법을 통해 문제해결 역량을 함양하게 한다.
  - ㉠ 이산 수학의 개념, 원리, 법칙을 이용하여 해결 가능한 문제를 학생에게 제시한다. 이때 다양한 방법으로 해결 가능한 문제, 여러 가지 해답이 나올 수 있는 문제 등을 활용할 수 있다.
  - ㉡ 문제에 주어진 이산적인 조건과 정보를 분석하고 적절한 문제해결 계획을 수립하고 실행하며 문제해결 과정을 반성하도록 구체적인 발문과 권고를 제시한다.
  - ㉢ 문제해결 과정 및 결과의 의미를 재해석하여 주어진 문제를 변형하거나 새로운 문제를 만들어 해결하게 한다.
  - ㉣ 성공적인 문제해결 경험을 바탕으로 적극적이고 자신감 있게 문제해결에 참여하게 하고, 단번에 답이 나오지 않는 문제라도 끈기 있게 도전하여 성취감을 느끼게 한다.
- ② 다음과 같은 교수·학습 방법을 통해 추론 역량을 함양하게 한다.
  - ㉠ 이산 수학의 개념, 원리, 법칙에 흥미와 관심을 갖고 다양한 방법으로 탐구하고 이해하게 하고, 유한이나 불연속의 이산적인 상황을 해석하고 미래를 예측할 수 있게 한다.
  - ㉡ 귀납, 유추 등의 개연적 추론을 통해 수학적 추측을 제기하고 일반화하며 증명하면서, 수학적 증거와 논리적 근거를 바탕으로 비판적으로 사고하는 태도를 갖게 한다.
  - ㉢ 이산적 현상과 관련된 수학의 개념, 원리, 법칙을 도출하는 과정과 수학적 절차를 논

리적이고 체계적으로 수행하고 반성하게 한다.

③ 다음과 같은 교수·학습 방법을 통해 의사소통 역량을 함양하게 한다.

- ㉠ 이산 수학에서 사용하는 용어, 기호, 표, 그래프 등의 수학적 표현을 정확하게 사용하고 표현끼리 변환하게 한다.
- ㉡ 학생이 자신의 사고와 전략을 수학적 표현으로 나타내고 설명하면서 수학적 표현의 편리함을 인식하게 한다.
- ㉢ 학생 간 상호 작용과 질문이 활발한 교실 문화를 조성하고 이산 수학에서 활용되는 사고와 전략에 대해 의미 있는 의사소통이 이루어지도록 적절한 과제를 제시하고 안내한다.
- ㉣ 수학적 아이디어에 대해 상호 작용하는 과정에서 타인을 배려하고 의견을 존중하는 태도를 기르게 한다.

④ 다음과 같은 교수·학습 방법을 통해 연결 역량을 함양하게 한다.

- ㉠ 이산 수학과 관련된 개념, 원리, 법칙 등을 유기적으로 연계하여 새로운 지식을 생성하면서 창의성을 기르게 한다.
- ㉡ 실생활, 사회 및 자연 현상, 타 교과와 내용과 연결되는 이산적 현상에 대한 과제를 제시하여 탐구하게 한다.
- ㉢ 학생의 삶과 연계된 실생활 맥락에서 이산 수학을 활용하여 이산 수학의 유용성을 인식하게 한다.

⑤ 다음과 같은 교수·학습 방법을 통해 정보처리 역량을 함양하게 한다.

- ㉠ 실생활 및 수학적 문제 상황에서 자료를 탐색하고 수집하며 다양한 이산적 현상과 연결하여 정보를 처리하여 합리적인 의사 결정을 하는 태도를 기르게 한다.
- ㉡ 교구나 공학 도구를 활용하여 이산 수학의 개념, 원리, 법칙을 직관적으로 이해하게 하며 이산적 자료를 효과적으로 분석할 수 있게 한다.
- ㉢ 학생이 주도적으로 교구나 공학 도구를 활용하여 탐구하게 한다.
- ㉣ 계산 기능 함양을 목표로 하지 않는 교수·학습 상황에서는 복잡한 계산을 할 때 공학 도구를 이용할 수 있게 한다.

(나) 학생들이 수학 학습에 주도적으로 참여하는 교수·학습 환경과 분위기를 조성한다.

- ① 수학 학습의 주체가 학생 자신임을 인식하고 수학 학습에 적극적으로 참여하도록 유도한다.
- ② 스스로 수학 학습 목표와 계획을 세우고 학습 결과를 평가하고 성찰하도록 안내한다.
- ③ 수학을 효과적으로 학습하는 방법을 탐색하고 자신의 학습 과정과 태도를 돌아보고 조절하는 자기주도적 학습 습관을 형성하도록 지도한다.

- ④ 교사 및 동료와 협력적 관계 속에서 수학 학습에 대한 조언과 의견을 경청하고 수용할 수 있도록 허용적인 분위기를 조성한다.
- ⑤ 수학 학습에 자신감을 가지고 실수가 배움의 기회임을 인식하며 끈기 있게 도전하도록 격려하고 지원한다.

(다) ‘이산 수학’의 수업은 학습 내용, 학생의 학습 능력과 수준 등을 고려하여 다음의 교수·학습 방안을 적절히 선택하여 적용한다.

- ① 설명식 교수는 교사가 설명과 시연을 통해 수업을 주도하는 교수·학습 방안으로, 수업 내용을 구조화하여 체계적으로 지도하는 데 효과적이다. 이때, 교수는 학생의 적극적인 수업 참여를 유도하고, 사고를 촉진하는 발문을 적절히 활용한다.
- ② 토의·토론 학습은 특정 주제에 대해 협의하거나 논의하는 교수·학습 방안으로, 학생들이 수학 내용을 폭넓게 이해하고 자신의 주장을 효과적으로 표현하고 다른 사람의 의견을 비판적 사고를 통해 수용하여 합리적으로 의사 결정하는 태도를 기를 수 있게 한다.
- ③ 협력 학습은 모둠 내의 상호 작용, 의사소통, 참여를 통해 공동의 학습 목표에 도달하도록 하는 교수·학습 방안으로, 다른 사람을 존중하고 배려하며 모둠 내의 역할을 수행하고 책임감을 기를 수 있게 한다.
- ④ 탐구 학습은 학생이 중심이 되어 수학의 개념, 원리, 법칙을 발견하고 구성하는 교수·학습 방안으로, 학생 스스로 자료와 정보로부터 지식을 도출하거나 지식의 타당성을 확인하는 것이 중요함을 알게 할 수 있다.
- ⑤ 프로젝트 학습은 학생 스스로 특정 주제나 과제를 탐구하고 해결하기 위해 계획을 수립하고 수행하여 결과물을 산출하고 공유하는 교수·학습 방안으로, 자기주도적으로 수학 지식과 경험을 통합하게 할 수 있다.
- ⑥ 수학적 모델링은 학생의 삶과 연계된 현상을 다양한 수학적 표현 방식을 이용하여 수학적 모델로 만들고 수학적 모델을 다시 실생활이나 사회 및 자연 현상에 적용하는 교수·학습 방안으로, 수학의 응용에 대한 넓은 안목을 갖게 할 수 있다.
- ⑦ 놀이 및 게임 학습은 호기심과 흥미를 유발하는 놀이 및 게임 활동을 활용하는 교수·학습 방안으로, 활동 속에서 수학 개념이나 원리를 탐구하고 동료와 경쟁 또는 협력하면서 자연스럽게 수학에 접근하고 수학 학습에 대한 자신감 및 의사소통 역량을 기르게 할 수 있다.

(라) 수학 교수·학습 과정에서 학생의 다양성을 고려하고 학생의 성장을 지원하기 위한 맞춤형 지도를 실시한다.

- ① 학생의 수학 학습 수준이나 사고방식의 차이를 존중하여 학생 개인에게 적합한 학습 과

제를 선정하여 제시하고, 학생이 소재나 과정을 선택하고 구성할 수 있도록 수학 학습 활동을 설계한다.

- ② 학생의 시도와 성취에 대해 구체적으로 격려하고 칭찬하며, 동료 학생의 학습 수준이나 학습 결과에 대해 포용적인 교실 문화를 형성한다.
- ③ 학생의 수학 학습 과정과 결과를 점검하여 학생의 성장 발전을 지원하고, 이때 온라인 학습 관리 시스템을 활용할 수 있다.

(마) 범교과 학습 또는 타 교과와의 연계를 고려하여 수학 교수·학습 과정을 설계할 수 있다.

- ① 범교과 학습 주제에 관심을 갖고 각종 자료와 정보를 수집하여 수학적으로 분석 및 해석하게 하고, 수학적 분석 결과에 근거하여 토의와 토론에 참여하게 한다.
- ② 가정, 학교, 지역사회와의 연계나 타 교과와의 연계를 고려하여 범교과 학습 주제에 대한 프로젝트를 수행할 수 있다.
- ③ 수학적 모델링을 활용하여 타 교과의 내용을 맥락으로 수학의 개념, 원리, 법칙 등을 다루는 연계 수업을 할 수 있다.

(바) 온라인 수학 교수·학습 상황에서는 다음 사항에 유의한다.

- ① 원격수업을 실시하는 경우, 학생의 특성과 학습 내용의 성격에 적합하고 안정적으로 운영할 수 있는 온라인 학습 플랫폼을 선택하여 수업 목표, 수업 내용, 수업 전략을 설계하고 운영한다.
- ② 학습 내용과 학생의 수준에 적합한 매체와 도구를 활용하여 학습의 효율성과 다양성을 도모한다.
- ③ 원격수업에서도 학생 참여형 수업이 이루어질 수 있도록 하고 적절한 조언과 발문을 통하여 학습 참여를 이끌어 낸다.
- ④ 온라인 교수·학습 자료를 활용할 때는 공표된 저작물의 출처를 명시하고 다른 누리집 등에 공유하지 않도록 안내한다.

## 나. 평가

### (1) 평가의 방향

(가) 학생의 수학 학습에 대한 정보를 수집·활용하여 학생의 주도적 학습과 성장을 지원하고 교사의 수업 개선을 돕도록 지속적으로 평가를 실시한다.

(나) '이산 수학' 교육과정에 제시된 성격, 목표, 내용 체계, 성취기준, 교수·학습과 일관성을

가지도록 평가를 실시한다.

- (다) 학생의 수학 학습을 돕기 위해 수업과 평가를 통합하여 과정을 중시하는 평가를 실시한다.
- (라) 수학 내용 체계의 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 학습 결과뿐 아니라 학습 과정에서 균형 있게 평가한다.
- (마) ‘이산 수학’ 이수 전에 최소 성취수준을 학생에게 제시하고, 학생이 평가 과정에 적극적으로 참여하고 스스로 설정한 수학 학습 목표 달성 여부를 점검할 수 있게 한다.
- (바) 학생의 사회·문화적 배경, 신체 특성 등이 불리하게 작용하지 않도록 평가를 실시하고, 학생의 사전 지식, 수학에 대한 흥미, 학습 유형, 학습 수준을 고려하여 평가 목적, 교수·학습 내용 및 방법에 따라 다양한 평가 방법을 적용한다.
- (사) 진단 평가, 형성 평가, 총괄 평가 등을 적절히 활용하여 수학 학습 과정과 결과에 대한 구체적인 정보를 바탕으로 학생의 특성과 학습 결손을 파악하고 개별적 지원 방안을 마련한다.
- (아) 온라인 수학 수업에서 평가를 할 때 학습 환경 등의 외적 요소가 수학 학습 과정과 평가 결과에 영향을 미치지 않도록 한다.
- (자) 평가 절차를 개방적이고 공정하게 시행하고 학생의 수학 학습에 대한 의미 있는 정보를 학생, 학부모에게 제공한다.

## (2) 평가 방법

- (가) 수학 수업과 연계하여 과정을 중시하는 평가를 실시할 때는 다음 사항을 고려한다.
  - ① 성취기준을 중심으로 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도 범주를 평가 요소로 구체화한다.
  - ② 교수·학습과 연계하여 적절한 평가 도구와 준거를 개발하고 평가를 실시한다.
  - ③ 평가 결과에 기반하여 학생의 학습 정보 및 수행 과정을 학생과 학부모에게 환류한다.
- (나) 수학 교과 역량을 평가할 때는 다음 사항을 고려한다.
  - ① 문제해결 역량의 평가는 수학의 개념, 원리, 법칙을 문제 상황에 적절히 활용하는지, 주어진 조건과 정보를 분석하고 적절한 해결 전략을 탐색하여 해결하는지, 문제해결 과정을 돌아보며 절차에 따라 타당하게 결과를 얻어내고 이를 반성하는지, 적극적이고 자신감 있게 문제해결에 참여하는지, 적절한 방법을 찾기 위해 끈기 있게 도전하는지 등을 고려한다.

- ② 추론 역량의 평가는 수학의 개념, 원리, 법칙을 이해하는지, 논리적으로 절차를 수행하는지, 수학적 지식을 다양한 방법으로 탐구하는지, 관찰에 근거하여 추측하고 일반화를 할 수 있는지, 추측의 근거를 제시하는지, 타당한 정당화를 하는지, 수학에 대한 흥미와 관심을 갖는지, 체계적으로 사고하려는 성향이 있는지, 수학적 증거와 논리적 근거를 바탕으로 비판적으로 사고하는 태도를 갖는지 등을 고려한다.
  - ③ 의사소통 역량의 평가는 수학 용어, 기호, 표, 그래프 등 수학적 표현을 이해하고 정확하게 사용하는지, 적절한 수학적 표현을 선택할 수 있는지, 수학적 표현 간에 변환을 할 수 있는지, 수학적 아이디어나 수학 학습 과정 및 결과에 대해 표현하고 다른 사람의 견해를 이해하는지, 수학적 표현의 편리함을 인식하는지, 타인을 배려하고 의견을 존중하는지 등을 고려한다.
  - ④ 연결 역량의 평가는 영역이나 학년(군) 내용 사이에서 개념, 원리, 법칙을 적절하게 관련지어 이해하는지, 수학의 개념, 원리, 법칙을 연계하여 새로운 지식을 생성할 수 있는지, 수학을 실생활이나 타 교과 지식, 기능, 경험에 적용할 수 있는지, 실생활이나 타 교과의 지식, 기능, 경험을 수학적으로 해석할 수 있는지, 수학을 바탕으로 창의적으로 관련성을 찾을 수 있는지, 수학의 유용성을 인식하는지 등을 고려한다.
  - ⑤ 정보처리 역량의 평가는 자료와 정보를 목적에 맞게 수집하고 변환하고 정리하는지, 자료를 바탕으로 도출한 결론이 적절한지, 교구나 공학 도구를 적절하게 활용하는지, 수학적 근거를 바탕으로 합리적으로 의사 결정하는 태도를 갖는지 등을 고려한다.
- (다) 학생의 수학 학습 과정과 결과는 다양한 평가 방안을 사용하여 양적 또는 질적으로 평가한다.
- ① 지필평가는 수학 내용 체계의 지식·이해, 과정·기능을 평가하는 데 활용할 수 있고, 선택형, 단답형, 서·논술형 등의 다양한 문항 유형을 사용할 수 있다.
  - ② 프로젝트 평가는 학생 스스로 이산적 현상과 관련된 주제나 과제를 탐구하고 해결하기 위해 계획을 수립하고 수행하는 과정과 그 결과물을 평가하는 방안으로, 수학 내용 체계의 세 범주를 종합적으로 평가할 때 활용할 수 있다.
  - ③ 포트폴리오 평가는 학생의 성장에 대한 정보를 얻기 위해 수학 학습 수행과 그 결과물을 일정 기간 수집하여 평가하는 방안으로, 수학 교과 역량의 발달을 종합적으로 평가할 때 활용할 수 있다.
  - ④ 관찰 평가, 면담 평가, 구술 평가는 학생 개인 및 소집단을 관찰, 학생과의 질의응답, 학생의 발표를 통해 평가하는 방안으로, 학생의 사고 방법, 수행 과정, 수학 내용 체계의 가치·태도 등을 평가할 때 활용할 수 있다.
  - ⑤ 자기 평가는 학생 스스로 자신의 학습 과정과 결과를 평가하는 방안으로, 수학 내용의

이해와 수행 과정, 문제해결과 추론 과정의 반성, 자신의 생각 표현, 수학 내용 체계의 가치·태도 등을 평가할 때 활용할 수 있다.

- ⑥ 동료 평가는 동료 학생들이 상대방을 서로 평가하는 방안으로, 협력 학습 상황에서 학생 개개인의 역할 수행이나 집단 활동의 기여를 평가할 때 활용할 수 있다.

(라) 교구나 공학 도구를 활용하여 평가할 때는 다음 사항을 고려한다.

- ① 성취기준의 도달 여부를 판단하는 데 교구나 공학 도구의 사용이 효과적인 경우 이를 활용한 평가를 실시할 수 있다.
- ② 교구나 공학 도구를 활용하여 평가할 때는 교구나 공학 도구의 기능 및 조작이 아닌 수학 내용의 탐구 과정을 평가한다.

(마) 온라인 수학 교수·학습 환경에서 평가할 때는 다음 사항을 고려한다.

- ① 온라인 수학 학습에서는 학생의 활동에 근거한 구체적인 자료를 사용하여 평가한다.
- ② 온라인 학습 플랫폼이나 학습 관리 시스템을 이용하여 학생의 수행 과정을 관찰하고 개별 맞춤형으로 환류할 수 있다.
- ③ 학생의 접속 환경 미비로 인한 불참 시 기회 부여 등에 대해 방안을 마련하고 형평성의 문제가 제기되지 않도록 사전에 안내한다.

(바) ‘이산 수학’의 최소 성취수준 보장을 위해 다음 사항에 유의한다.

- ① ‘이산 수학’의 최소 성취수준을 학생에게 공지하여 학생 스스로 성취목표를 설정하고 학습에 참여하도록 한다.
- ② 진단 평가를 통해 학생의 ‘이산 수학’의 최소 성취수준 도달 가능성을 예측하고 학습 의욕과 동기를 유발하여 최소 성취수준에 도달하도록 안내한다.
- ③ 형성 평가를 통해 학생의 ‘이산 수학’의 학습 과정을 지속적으로 관찰하고 학생이 자신의 학습에 대한 조치를 할 수 있도록 평가 결과를 환류한다.

# 고급 대수

## 1. 성격 및 목표

### 가. 성격

‘고급 대수’는 대수의 심화된 내용과 추론 방식을 이해하고 탐구하는 과목이다. ‘고급 대수’는 수학의 여러 분야에서 대수적 개념과 방법을 어떻게 사용하는지, 인공지능, 기계공학, 전자공학 등 다양한 영역에서 행렬 및 벡터가 어떻게 사용되는지 이해하는 데 도움이 되며, 빅데이터와 인공지능 시대에 필요한 산업과 지속가능한 기술 발전의 토대가 된다.

‘고급 대수’를 학습한 학생들은 공간벡터를  $n$ 차원 벡터로 일반화하고 벡터공간의 성질을 탐구하는 과정에서 수학적으로 추론하는 능력을 기를 수 있고, 선형변환을 행렬로 표현하거나 이차곡선의 방정식을 변형하는 등 수학적 표현을 생성, 변환함으로써 수학적으로 의사소통할 수 있으며, 벡터와 행렬을 다른 수학 영역 및 타 교과에 활용하는 경험을 통해 수학의 유용성을 인식할 수 있다. ‘고급 대수’는 자신의 진로와 적성을 고려하여 더욱 심화된 수학을 학습하기를 원하는 학생들이 선택할 수 있다. ‘고급 대수’는 자연과학, 공학, 의학뿐만 아니라 경제·경영학을 포함한 사회과학, 인문학, 예술 및 체육 분야를 학습하는 데 기초가 되며, 나아가 학생이 적성을 발견하고 진로를 설계하는 기반을 제공한다.

학생들은 ‘고급 대수’의 학습을 통해 수학 지식을 이해하고 수학적 사고 과정에 요구되는 기능을 형성하며 수학의 가치를 인식하고 바람직한 수학적 태도를 갖추어 수학 교과 역량을 함양할 수 있다. 또한 ‘고급 대수’를 학습하는 과정에서 협력하여 문제를 해결하고 성찰하는 경험을 통해 다른 사람에 대한 포용성을 갖춘 민주 시민이자 인간과 환경의 공존 및 지속가능한 발전을 추구하며 사회적 책임감을 가지고 합리적으로 의사 결정하는 세계 공동체의 일원으로 성장할 수 있다.

## 나. 목표

‘고급 대수’의 개념, 원리, 법칙을 이해하고 수학의 가치를 인식하며 바람직한 수학적 태도를 길러 수학적으로 추론하고 의사소통하며 다양한 현상과 연결하여 정보를 처리하고 문제를 창의적으로 해결하는 수학 교과 역량을 함양한다.

- (1) 대수 지식을 이해하고 활용하여 적극적이고 자신감 있게 여러 가지 문제를 해결한다.
- (2) 대수에 흥미와 관심을 갖고 추측과 정당화를 통해 추론한다.
- (3) 대수에서 활용되는 수학적 사고와 전략에 대해 의사소통하고 수학적 표현의 편리함을 인식한다.
- (4) 대수와 관련된 수학의 개념, 원리, 법칙 간의 관련성을 탐구하고 실생활이나 타 교과에 수학을 적용하여 수학의 유용성을 인식한다.
- (5) 목적에 맞게 교구나 공학 도구를 활용하며 자료를 수집하고 처리하여 정보에 근거한 합리적인 의사 결정을 한다.

## 2. 내용 체계 및 성취기준

### 가. 내용 체계

|         |          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |       |
|---------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 핵심 아이디어 |          | <ul style="list-style-type: none"><li>• <math>n</math> 차원 벡터공간은 <math>n</math> 개의 기저벡터를 통하여 설명되며, 벡터는 다양한 기하적 현상을 대수적으로 다루는 도구이다.</li><li>• 벡터공간의 선형성을 보존하는 선형변환은 행렬로 표시되며, 다양한 영역에서 나타나는 선형성을 이해하고 분석하는 데 활용된다.</li><li>• 행렬의 대각화는 행렬이 가지는 대수적 성질을 파악하는 데 유용하며 선형변환을 쉽게 표현하는 데 이용된다.</li></ul>                                                                                                                     |       |
| 범주      |          | 구분                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 내용 요소 |
| 지식 · 이해 | 벡터공간     | <ul style="list-style-type: none"><li>• 벡터공간</li><li>• 벡터의 내적과 정사영</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |       |
|         | 행렬과 선형변환 | <ul style="list-style-type: none"><li>• 행렬과 연립일차방정식</li><li>• 행렬과 선형변환</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |       |
|         | 행렬의 대각화  | <ul style="list-style-type: none"><li>• 행렬의 대각화</li><li>• 대각화의 활용</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |       |
| 과정 · 기능 |          | <ul style="list-style-type: none"><li>• 수학의 개념, 성질, 공식, 규칙에 근거하여 값 또는 식을 구하기</li><li>• 벡터공간과 행렬의 개념, 원리, 법칙, 관계, 성질을 탐구하기</li><li>• 벡터의 일차독립과 일차종속을 판단하기</li><li>• 벡터공간과 행렬의 개념, 원리, 법칙, 관계를 활용하기</li><li>• 개연적 추론을 통해 수학적 추측을 제기하고 일반화하기</li><li>• 행렬을 수학의 다른 영역의 내용과 연결하기</li><li>• 행렬을 활용하여 문제를 해결하기</li><li>• 선형변환과 행렬 사이의 관계를 설명하기</li><li>• 선형변환을 행렬로 표현하기</li><li>• 적절한 공학 도구를 이용하여 선형변환과 행렬을 탐구하기</li></ul> |       |
| 가치 · 태도 |          | <ul style="list-style-type: none"><li>• 벡터의 차원을 확장하여 일반화하는 것에 대한 흥미</li><li>• 선형변환을 표현하는 도구로서 행렬의 편리함 인식</li><li>• 행렬을 이용하여 정보처리의 효율성을 추구하는 태도</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                            |       |

## 나. 성취기준

### (1) 벡터공간

- [12고대01-01]  $n$  차원 벡터의 뜻을 알고,  $n$  차원 벡터의 연산을 할 수 있다.
- [12고대01-02] 벡터공간의 뜻을 알고, 벡터의 성질을 탐구할 수 있다.
- [12고대01-03] 부분공간의 뜻을 알고, 그 성질을 탐구할 수 있다.
- [12고대01-04] 벡터의 일차독립과 일차종속을 이해하고, 이를 판단할 수 있다.
- [12고대01-05] 벡터공간의 기저를 이해하고, 이를 구할 수 있다.
- [12고대01-06] 두  $n$  차원 벡터의 내적을 이해하고, 이를 활용할 수 있다.
- [12고대01-07] 벡터의 정사영을 이해하고, 이를 구할 수 있다.
- [12고대01-08] 벡터공간의 정규직교기저를 이해하고, 이를 구할 수 있다.

#### (가) 성취기준 해설

- [12고대01-08] 그람-슈미트 직교화 과정을 이용하여 벡터공간의 정규직교기저를 구할 수 있게 한다.

#### (나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- ‘벡터공간’ 영역에서는 용어와 기호로 ‘ $n$  차원 벡터, 벡터공간, 부분공간, 일차독립, 일차종속, 기저, 정규직교기저,  $R^n$ ’을 다룬다.
- 평면벡터와 공간벡터의 개념과 성질을 벡터공간으로 확장함으로써 수학 개념의 일반화에 흥미를 갖게 한다.

### (2) 행렬과 선형변환

- [12고대02-01] 가우스 소거법을 이해하고, 행렬과 연립일차방정식을 연결하여 문제를 해결할 수 있다.
- [12고대02-02] 역행렬을 이해하고, 가우스 소거법을 이용하여 이를 구할 수 있다.
- [12고대02-03] 행렬식의 뜻과 성질을 이해하고, 이를 활용할 수 있다.
- [12고대02-04] 선형변환을 이해하고, 이를 행렬과 연결하여 문제를 해결할 수 있다.
- [12고대02-05] 좌표평면에서의 대칭변환, 닮음변환, 회전변환과 행렬 사이의 관계를 설명할 수 있다.
- [12고대02-06] 선형변환의 합성과 역변환을 이해하고, 행렬을 이용하여 이를 표현할 수 있다.

#### (가) 성취기준 해설

- [12고대02-02]  $2 \times 2$ ,  $3 \times 3$  행렬의 역행렬만 다룬다.
- [12고대02-03]  $2 \times 2$ ,  $3 \times 3$  행렬의 행렬식만 다룬다.

- [12고대02-05] 대칭변환, 닮음변환, 회전변환은  $R^2 \rightarrow R^2$ 인 경우만 다룬다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- ‘행렬과 선형변환’ 영역에서는 용어와 기호로 ‘영행렬, 단위행렬, 역행렬, 기본행연산, 가우스 소거법, 행렬식, 선형변환, 대칭변환, 닮음변환, 회전변환, 역변환,  $O$ ,  $A^{-1}$ ,  $f: (x, y) \rightarrow (x', y')$ ,  $f': (x, y, z) \rightarrow (x', y', z')$ ’을 다룬다.
- 선형변환과 행렬 사이의 관계를 다룰 때 공학 도구를 이용할 수 있다.
- 행렬이 연립일차방정식과 선형변환을 이해하는 도구가 됨을 알게 하여 수학의 연결성과 행렬의 편리함을 인식하게 한다.

(3) 행렬의 대각화

- [12고대03-01] 행렬의 고윳값과 고유벡터를 이해하고, 특성다항식을 이용하여 이를 구할 수 있다.
- [12고대03-02] 케일리-해밀턴 정리를 이해하고, 이를 이용하여 행렬의 거듭제곱을 구할 수 있다.
- [12고대03-03] 행렬을 대각화하는 방법을 이해하고, 행렬을 대각화할 수 있다.
- [12고대03-04] 직교행렬과 직교대각화의 뜻을 알고, 행렬을 직교대각화할 수 있다.
- [12고대03-05] 행렬의 대각화를 이용하여 이차곡선의 방정식을 표준형으로 변환할 수 있다.
- [12고대03-06] 행렬의 대각화를 활용하여 여러 가지 문제를 해결할 수 있다.

(가) 성취기준 해설

- [12고대03-01]  $2 \times 2$ ,  $3 \times 3$  행렬의 고윳값과 고유벡터를 다룬다.
- [12고대03-03]  $2 \times 2$ ,  $3 \times 3$  행렬의 대각화만 다룬다. 행렬의 대각화를 이용하여 행렬의 거듭제곱을 구하고, 이 행렬의 고윳값을 구하게 할 수 있다.
- [12고대03-06] 피보나치 수열, 간단한 마르코프 체인 문제 등을 다룰 수 있다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- ‘행렬의 대각화’ 영역에서는 용어와 기호로 ‘고윳값, 고유벡터, 특성다항식, 케일리-해밀턴 정리, 대각화, 대각행렬, 전치행렬, 직교행렬, 직교대각화,  $A^T$ ’를 다룬다.
- 행렬을 이용해 정보를 단순화하여 효율적으로 처리하는 경험을 제공함으로써 행렬의 유용성을 인식하게 한다.

### 3. 교수 · 학습 및 평가

#### 가. 교수 · 학습

##### (1) 교수 · 학습의 방향

- (가) ‘고급 대수’ 교육과정에 제시된 성격, 목표, 내용 체계, 성취기준, 평가와 일관성을 가지도록 교수 · 학습을 운영한다.
- (나) 핵심 아이디어를 중심으로 수학의 지식 · 이해, 과정 · 기능, 가치 · 태도를 통합적으로 교수 · 학습하여 수학 교과 역량을 함양하고 수리 소양을 갖추게 한다.
- (다) 학생이 주도적으로 수학을 학습하여 ‘고급 대수’ 교육과정에 제시된 목표를 달성하도록 교수 · 학습을 운영한다.
- (라) ‘고급 대수’ 내용 특성에 적합한 교구나 공학 도구를 선택하여 효율적인 교수 · 학습이 이루어지도록 하고 학생들의 디지털 소양 함양을 도모한다. 그리고 수학 교과서 읽기, 수학 학습 과정과 결과 쓰기, 문장제 해결 등을 통해 학생들의 언어 소양 함양을 도모한다.
- (마) ‘고급 대수’ 내용의 특성, 학교 여건, 학생의 학습 능력과 수준 등을 고려하여 교수 · 학습을 운영한다.
- (바) 학생 개인의 필요, 수학 학습 속도, 학습 능력 등을 고려하여 학생 맞춤형 수업을 실시하고 보충 학습과 심화 학습의 기회를 제공한다.
- (사) ‘고급 대수’ 교수 · 학습에서 범교과 학습 주제(안전 · 건강, 인성, 진로, 민주 시민, 인권, 다문화, 통일, 독도, 경제 · 금융, 환경 · 지속가능발전 등)를 현상이나 소재로 선택하여 활용할 수 있다.
- (아) 사회적 환경, 학생의 요구, 수학 내용의 특성, 수업 방식 등에 따라 온라인을 활용한 교수 · 학습을 운영할 수 있다.
- (자) ‘고급 대수’의 최소 성취수준을 설정하고 최소 성취수준 보장을 위한 학습 기회를 제공한다.
- (차) ‘고급 대수’의 교수 · 학습 계획을 수립하거나 교수 · 학습 자료 개발 등을 할 때 교육과정을 재구성할 수 있다.

## (2) 교수·학습 방법

(가) 수학 교과 역량 함양을 통해 수학을 깊이 있게 학습하고 적용할 기회를 제공한다.

① 다음과 같은 교수·학습 방법을 통해 문제해결 역량을 함양하게 한다.

- ㉠ 대수의 개념, 원리, 법칙을 이용하여 해결 가능한 문제를 학생에게 제시한다. 이때 다양한 방법으로 해결 가능한 문제, 여러 가지 해답이 나올 수 있는 문제 등을 활용할 수 있다.
- ㉡ 문제에 주어진 조건과 정보를 분석하고 적절한 문제해결 계획을 수립하고 실행하며 문제해결 과정을 반성하도록 구체적인 발문과 권고를 제시한다.
- ㉢ 문제해결 과정 및 결과의 의미를 재해석하여 주어진 문제를 변형하거나 새로운 문제를 만들어 해결하게 한다.
- ㉣ 성공적인 문제해결 경험을 바탕으로 적극적이고 자신감 있게 문제해결에 참여하게 하고, 단번에 답이 나오지 않는 문제라도 끈기 있게 도전하여 성취감을 느끼게 한다.

② 다음과 같은 교수·학습 방법을 통해 추론 역량을 함양하게 한다.

- ㉠ 대수의 개념, 원리, 법칙에 흥미와 관심을 갖고 다양한 방법으로 탐구하고 이해하게 한다.
- ㉡ 귀납, 유추 등의 개연적 추론을 통해 수학적 추측을 제기하고 일반화하며 증명하면서, 수학적 증거와 논리적 근거를 바탕으로 비판적으로 사고하는 태도를 갖게 한다.
- ㉢ 대수의 개념, 원리, 법칙을 도출하는 과정과 수학적 절차를 논리적이고 체계적으로 수행하고 반성하게 한다.

③ 다음과 같은 교수·학습 방법을 통해 의사소통 역량을 함양하게 한다.

- ㉠ 벡터, 선형변환, 행렬 등의 수학적 표현을 이해하고 정확하게 사용하고 표현끼리 변환하게 한다.
- ㉡ 학생이 자신의 사고와 전략을 수학적 표현으로 나타내고 설명하면서 수학적 표현의 편리함을 인식하게 한다.
- ㉢ 학생 간 상호 작용과 질문이 활발한 교실 문화를 조성하고 수학적으로 의미 있는 의사소통이 이루어지도록 적절한 과제를 제시하고 안내한다.
- ㉣ 수학적 아이디어에 대해 상호 작용하는 과정에서 타인을 배려하고 의견을 존중하는 태도를 기르게 한다.

④ 다음과 같은 교수·학습 방법을 통해 연결 역량을 함양하게 한다.

- ㉠ 연립방정식, 선형변환을 행렬과 유기적으로 연계하여 새로운 지식을 생성하면서 창의

성을 기르게 한다.

- ㉠ 벡터, 행렬, 선형변환과 실생활, 사회 및 자연 현상, 타 교과와 내용을 연계하는 과제를 활용하여 대수의 유용성을 인식하게 한다.
- ㉡ 다음과 같은 교수·학습 방법을 통해 정보처리 역량을 함양하게 한다.
  - ㉠ 실생활 및 수학적 문제 상황에서 자료를 탐색하고 수집하며 수학적으로 처리하여 합리적인 의사 결정을 하는 태도를 기르게 한다.
  - ㉠ 교구나 공학 도구를 활용하여 추상적인 수학 내용을 시각화하고 수학의 개념, 원리, 법칙에 대한 직관적 이해와 논리적 사고를 돕는다.
  - ㉡ 학생이 주도적으로 교구나 공학 도구를 활용하여 탐구하게 한다.
  - ㉢ 계산 기능 함양을 목표로 하지 않는 교수·학습 상황에서는 복잡한 계산을 할 때 공학 도구를 이용할 수 있게 한다.

(나) 학생들이 수학 학습에 주도적으로 참여하는 교수·학습 환경과 분위기를 조성한다.

- ㉠ 수학 학습의 주체가 학생 자신임을 인식하고 수학 학습에 적극적으로 참여하도록 유도한다.
- ㉡ 스스로 수학 학습 목표와 계획을 세우고 학습 결과를 평가하고 성찰하도록 안내한다.
- ㉢ 수학을 효과적으로 학습하는 방법을 탐색하고 자신의 학습 과정과 태도를 돌아보고 조절하는 자기주도적 학습 습관을 형성하도록 지도한다.
- ㉣ 교사 및 동료와 협력적 관계 속에서 수학 학습에 대한 조언과 의견을 경청하고 수용할 수 있도록 허용적인 분위기를 조성한다.
- ㉤ 수학 학습에 자신감을 가지고 실수가 배움의 기회임을 인식하며 끈기 있게 도전하도록 격려하고 지원한다.

(다) ‘고급 대수’의 수업은 학습 내용, 학생의 학습 능력과 수준 등을 고려하여 다음의 교수·학습 방안을 적절히 선택하여 적용한다.

- ㉠ 설명식 교수는 교사가 설명과 시연을 통해 수업을 주도하는 교수·학습 방안으로, 수업 내용을 구조화하여 체계적으로 지도하는 데 효과적이다. 이때, 교수는 학생의 적극적인 수업 참여를 유도하고, 사고를 촉진하는 발문을 적절히 활용한다.
- ㉡ 토의·토론 학습은 특정 주제에 대해 협의하거나 논의하는 교수·학습 방안으로, 학생들이 수학 내용을 폭넓게 이해하고 자신의 주장을 효과적으로 표현하고 다른 사람의 의견을 비판적 사고를 통해 수용하여 합리적으로 의사 결정하는 태도를 기를 수 있게 한다.
- ㉢ 협력 학습은 모둠 내의 상호 작용, 의사소통, 참여를 통해 공동의 학습 목표에 도달하도록 하는 교수·학습 방안으로, 다른 사람을 존중하고 배려하며 모둠 내의 역할을 수행하

고 책임감을 기를 수 있게 한다.

- ④ 탐구 학습은 학생이 중심이 되어 수학의 개념, 원리, 법칙을 발견하고 구성하는 교수·학습 방안으로, 학생 스스로 자료와 정보로부터 지식을 도출하거나 지식의 타당성을 확인하는 것이 중요함을 알게 할 수 있다.
- ⑤ 프로젝트 학습은 학생 스스로 특정 주제나 과제를 탐구하고 해결하기 위해 계획을 수립하고 수행하여 결과물을 산출하고 공유하는 교수·학습 방안으로, 자기주도적으로 수학 지식과 경험을 통합하게 할 수 있다.
- ⑥ 수학적 모델링은 학생의 삶과 연계된 현상을 다양한 수학적 표현 방식을 이용하여 수학적 모델로 만들고 수학적 모델을 다시 실생활이나 사회 및 자연 현상에 적용하는 교수·학습 방안으로, 수학의 응용에 대한 넓은 안목을 갖게 할 수 있다.
- ⑦ 놀이 및 게임 학습은 호기심과 흥미를 유발하는 놀이 및 게임 활동을 활용하는 교수·학습 방안으로, 활동 속에서 수학 개념이나 원리를 탐구하고 동료와 경쟁 또는 협력하면서 자연스럽게 수학에 접근하고 수학 학습에 대한 자신감 및 의사소통 역량을 기르게 할 수 있다.

(라) 수학 교수·학습 과정에서 학생의 다양성을 고려하고 학생의 성장을 지원하기 위한 맞춤형 지도를 실시한다.

- ① 학생의 수학 학습 수준이나 사고방식의 차이를 존중하여 학생 개인에게 적합한 학습 과제를 선정하여 제시하고, 학생이 소재나 과정을 선택하고 구성할 수 있도록 수학 학습 활동을 설계한다.
- ② 학생의 시도와 성취에 대해 구체적으로 격려하고 칭찬하며, 동료 학생의 학습 수준이나 학습 결과에 대해 포용적인 교실 문화를 형성한다.
- ③ 학생의 수학 학습 과정과 결과를 점검하여 학생의 성장 발전을 지원하고, 이때 온라인 학습 관리 시스템을 활용할 수 있다.

(마) 범교과 학습 또는 타 교과와의 연계를 고려하여 수학 교수·학습 과정을 설계할 수 있다.

- ① 범교과 학습 주제에 관심을 갖고 각종 자료와 정보를 수집하여 수학적으로 분석 및 해석하게 하고, 수학적 분석 결과에 근거하여 토의와 토론에 참여하게 한다.
- ② 가정, 학교, 지역사회와의 연계나 타 교과와의 연계를 고려하여 범교과 학습 주제에 대한 프로젝트를 수행할 수 있다.
- ③ 수학적 모델링을 활용하여 타 교과의 내용을 맥락으로 수학의 개념, 원리, 법칙 등을 다루는 연계 수업을 할 수 있다.

(바) 온라인 수학 교수·학습 상황에서는 다음 사항에 유의한다.

- ① 원격수업을 실시하는 경우, 학생의 특성과 학습 내용의 성격에 적합하고 안정적으로 운영할 수 있는 온라인 학습 플랫폼을 선택하여 수업 목표, 수업 내용, 수업 전략을 설계하고 운영한다.
- ② 학습 내용과 학생의 수준에 적합한 매체와 도구를 활용하여 학습의 효율성과 다양성을 도모한다.
- ③ 원격수업에서도 학생 참여형 수업이 이루어질 수 있도록 하고 적절한 조언과 발문을 통하여 학습 참여를 이끌어 낸다.
- ④ 온라인 교수·학습 자료를 활용할 때는 공표된 저작물의 출처를 명시하고 다른 누리집 등에 공유하지 않도록 안내한다.

## 나. 평가

### (1) 평가의 방향

- (가) 학생의 수학 학습에 대한 정보를 수집·활용하여 학생의 주도적 학습과 성장을 지원하고 교사의 수업 개선을 돕도록 지속적으로 평가를 실시한다.
- (나) ‘고급 대수’ 교육과정에 제시된 성격, 목표, 내용 체계, 성취기준, 교수·학습과 일관성을 가지도록 평가를 실시한다.
- (다) 학생의 수학 학습을 돕기 위해 수업과 평가를 통합하여 과정을 중시하는 평가를 실시한다.
- (라) 수학 내용 체계의 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 학습 결과뿐 아니라 학습 과정에서 균형 있게 평가한다.
- (마) ‘고급 대수’ 이수 전에 최소 성취수준을 학생에게 제시하고, 학생이 평가 과정에 적극적으로 참여하고 스스로 설정한 수학 학습 목표 달성 여부를 점검할 수 있게 한다.
- (바) 학생의 사회·문화적 배경, 신체 특성 등이 불리하게 작용하지 않도록 평가를 실시하고, 학생의 사전 지식, 수학에 대한 흥미, 학습 유형, 학습 수준을 고려하여 평가 목적, 교수·학습 내용 및 방법에 따라 다양한 평가 방법을 적용한다.
- (사) 진단 평가, 형성 평가, 총괄 평가 등을 적절히 활용하여 수학 학습 과정과 결과에 대한 구체적인 정보를 바탕으로 학생의 특성과 학습 결손을 파악하고 개별적 지원 방안을 마련한다.

(아) 온라인 수학 수업에서 평가를 할 때 학습 환경 등의 외적 요소가 수학 학습 과정과 평가 결과에 영향을 미치지 않도록 한다.

(자) 평가 절차를 개방적이고 공정하게 시행하고 학생의 수학 학습에 대한 의미 있는 정보를 학생, 학부모에게 제공한다.

## (2) 평가 방법

(가) 수학 수업과 연계하여 과정을 중시하는 평가를 실시할 때는 다음 사항을 고려한다.

- ① 성취기준을 중심으로 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도 범주를 평가 요소로 구체화한다.
- ② 교수·학습과 연계하여 적절한 평가 도구와 준거를 개발하고 평가를 실시한다.
- ③ 평가 결과에 기반하여 학생의 학습 정보 및 수행 과정을 학생과 학부모에게 환류한다.

(나) 수학 교과 역량을 평가할 때는 다음 사항을 고려한다.

- ① 문제해결 역량의 평가는 수학의 개념, 원리, 법칙을 문제 상황에 적절히 활용하는지, 주어진 조건과 정보를 분석하고 적절한 해결 전략을 탐색하여 해결하는지, 문제해결 과정을 돌아보며 절차에 따라 타당하게 결과를 얻어내고 이를 반성하는지, 적극적이고 자신감 있게 문제해결에 참여하는지, 적절한 방법을 찾기 위해 끈기 있게 도전하는지 등을 고려한다.
- ② 추론 역량의 평가는 수학의 개념, 원리, 법칙을 이해하는지, 논리적으로 절차를 수행하는지, 수학적 지식을 다양한 방법으로 탐구하는지, 관찰에 근거하여 추측하고 일반화를 할 수 있는지, 추측의 근거를 제시하는지, 타당한 정당화를 하는지, 수학에 대한 흥미와 관심을 갖는지, 체계적으로 사고하려는 성향이 있는지, 수학적 증거와 논리적 근거를 바탕으로 비판적으로 사고하는 태도를 갖는지 등을 고려한다.
- ③ 의사소통 역량의 평가는 수학 용어, 기호, 표, 그래프 등 수학적 표현을 이해하고 정확하게 사용하는지, 적절한 수학적 표현을 선택할 수 있는지, 수학적 표현 간에 변환을 할 수 있는지, 수학적 아이디어나 수학 학습 과정 및 결과에 대해 표현하고 다른 사람의 견해를 이해하는지, 수학적 표현의 편리함을 인식하는지, 타인을 배려하고 의견을 존중하는지 등을 고려한다.
- ④ 연결 역량의 평가는 영역이나 학년(군) 내용 사이에서 개념, 원리, 법칙을 적절하게 관련지어 이해하는지, 수학의 개념, 원리, 법칙을 연계하여 새로운 지식을 생성할 수 있는지, 수학을 실생활이나 타 교과 지식, 기능, 경험에 적용할 수 있는지, 실생활이나 타 교과의 지식, 기능, 경험을 수학적으로 해석할 수 있는지, 수학을 바탕으로 창의적으로 관련

성을 찾을 수 있는지, 수학의 유용성을 인식하는지 등을 고려한다.

- ⑤ 정보처리 역량의 평가는 자료와 정보를 목적에 맞게 수집하고 변환하고 정리하는지, 자료를 바탕으로 도출한 결론이 적절한지, 교구나 공학 도구를 적절하게 활용하는지, 수학적 근거를 바탕으로 합리적으로 의사 결정하는 태도를 갖는지 등을 고려한다.

(다) 학생의 수학 학습 과정과 결과는 다양한 평가 방안을 사용하여 양적 또는 질적으로 평가한다.

- ① 지필평가는 수학 내용 체계의 지식·이해, 과정·기능을 평가하는 데 활용할 수 있고, 선택형, 단답형, 서·논술형 등의 다양한 문항 유형을 사용할 수 있다.
- ② 프로젝트 평가는 학생 스스로 특정 주제나 과제를 탐구하고 해결하기 위해 계획을 수립하고 수행하는 과정과 그 결과물을 평가하는 방안으로, 수학 내용 체계의 세 범주를 종합적으로 평가할 때 활용할 수 있다.
- ③ 포트폴리오 평가는 학생의 성장에 대한 정보를 얻기 위해 수학 학습 수행과 그 결과물을 일정 기간 수집하여 평가하는 방안으로, 수학 교과 역량의 발달을 종합적으로 평가할 때 활용할 수 있다.
- ④ 관찰 평가, 면담 평가, 구술 평가는 학생 개인 및 소집단을 관찰, 학생과의 질의응답, 학생의 발표를 통해 평가하는 방안으로, 학생의 사고 방법, 수행 과정, 수학 내용 체계의 가치·태도 등을 평가할 때 활용할 수 있다.
- ⑤ 자기 평가는 학생 스스로 자신의 학습 과정과 결과를 평가하는 방안으로, 수학 내용의 이해와 수행 과정, 문제해결과 추론 과정의 반성, 자신의 생각 표현, 수학 내용 체계의 가치·태도 등을 평가할 때 활용할 수 있다.
- ⑥ 동료 평가는 동료 학생들이 상대방을 서로 평가하는 방안으로, 협력 학습 상황에서 학생 개개인의 역할 수행이나 집단 활동의 기여를 평가할 때 활용할 수 있다.

(라) 교구나 공학 도구를 활용하여 평가할 때는 다음 사항을 고려한다.

- ① 성취기준의 도달 여부를 판단하는 데 교구나 공학 도구의 사용이 효과적인 경우 이를 활용한 평가를 실시할 수 있다.
- ② 교구나 공학 도구를 활용하여 평가할 때는 교구나 공학 도구의 기능 및 조작이 아닌 수학 내용의 탐구 과정을 평가한다.

(마) 온라인 수학 교수·학습 환경에서 평가할 때는 다음 사항을 고려한다.

- ① 온라인 수학 학습에서는 학생의 활동에 근거한 구체적인 자료를 사용하여 평가한다.
- ② 온라인 학습 플랫폼이나 학습 관리 시스템을 이용하여 학생의 수행 과정을 관찰하고 개별 맞춤형으로 환류할 수 있다.

- ③ 학생의 접속 환경 미비로 인한 불참 시 기회 부여 등에 대해 방안을 마련하고 형평성의 문제가 제기되지 않도록 사전에 안내한다.

(바) ‘고급 대수’의 최소 성취수준 보장을 위해 다음 사항에 유의한다.

- ① ‘고급 대수’의 최소 성취수준을 학생에게 공지하여 학생 스스로 성취목표를 설정하고 학습에 참여하도록 한다.
- ② 진단 평가를 통해 학생의 ‘고급 대수’의 최소 성취수준 도달 가능성을 예측하고 학습 의욕과 동기를 유발하여 최소 성취수준에 도달하도록 안내한다.
- ③ 형성 평가를 통해 학생의 ‘고급 대수’의 학습 과정을 지속적으로 관찰하고 학생이 자신의 학습에 대한 조치를 할 수 있도록 평가 결과를 환류한다.

# 고급 미적분

## 1. 성격 및 목표

### 가. 성격

‘고급 미적분’은 미적분의 심화된 내용과 추론 방식을 이해하고 탐구하는 과목이다. ‘고급 미적분’은 미적분을 심화하여 탐구하게 함으로써 미래 사회에 새롭게 나타나게 될 여러 융합 지식 및 기술 분야의 토대가 된다.

‘고급 미적분’을 학습한 학생들은 극좌표와 극곡선, 테일러급수, 미분방정식의 개념을 이해하고 탐구함으로써 자연 및 사회 현상에서 발견한 문제를 수학적으로 모델링하는 문제해결 전략을 습득하고 수학을 실생활이나 타 교과와 연결 지어 사고할 수 있다. 또한 이를 토대로 수학에 대한 흥미를 갖고 수학의 필요성 및 유용성을 인식할 수 있다. ‘고급 미적분’은 자신의 진로와 적성을 고려하여 더욱 심화된 수학을 학습하기를 원하는 학생들이 선택할 수 있다. ‘고급 미적분’은 자연과학, 공학, 의학뿐만 아니라 경제·경영학을 포함한 사회과학, 인문학, 예술 및 체육 분야를 학습하는 데 기초가 되며, 나아가 학생이 적성을 발견하고 진로를 설계하는 기반을 제공한다.

학생들은 ‘고급 미적분’의 학습을 통해 수학 지식을 이해하고 수학적 사고 과정에 요구되는 기능을 형성하며 수학의 가치를 인식하고 바람직한 수학적 태도를 갖추어 수학 교과 역량을 함양할 수 있다. 또한 ‘고급 미적분’을 학습하는 과정에서 협력하여 문제를 해결하고 성찰하는 경험을 통해 다른 사람에 대한 포용성을 갖춘 민주 시민이자 인간과 환경의 공존 및 지속가능한 발전을 추구하며 사회적 책임감을 가지고 합리적으로 의사 결정하는 세계 공동체의 일원으로 성장할 수 있다.

### 나. 목표

‘고급 미적분’의 개념, 원리, 법칙을 이해하고 수학의 가치를 인식하며 바람직한 수학적 태도를 길러 수학적으로 추론하고 의사소통하며 다양한 현상과 연결하여 정보를 처리하고 문제를 창의적으로 해결하는 수학 교과 역량을 함양한다.

- (1) 미적분 지식을 이해하고 활용하여 적극적이고 자신감 있게 여러 가지 문제를 해결한다.
- (2) 미적분에 흥미와 관심을 갖고 추측과 정당화를 통해 추론한다.
- (3) 미적분에서 활용되는 수학적 사고와 전략에 대해 의사소통하고 수학적 표현의 편리함을 인식한다.
- (4) 미적분과 관련된 수학의 개념, 원리, 법칙 간의 연결성을 탐구하고 실생활이나 타 교과에 수학을 적용하여 수학의 유용성을 인식한다.
- (5) 목적에 맞게 교구나 공학 도구를 활용하며 자료를 수집하고 처리하여 정보에 근거한 합리적 의사 결정을 한다.

## 2. 내용 체계 및 성취기준

### 가. 내용 체계

| 핵심 아이디어 |          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 여러 가지 함수의 미적분과 적분을 확장한 이상적분은 다양한 현상을 해석하고 설명하는 데 활용된다.</li> <li>• 어떤 평면도형은 직교좌표에 비해 극좌표를 사용할 때 더 쉽게 분석된다.</li> <li>• 급수의 수렴과 발산을 판정하는 데 다양한 급수 판정법이 이용되며, 함수를 다항함수로 근사하는 데 테일러급수가 사용된다.</li> <li>• 미분방정식으로 나타낸 수학적 모델은 사회 및 자연 현상을 해석하고 설명하는 데 유용하다.</li> </ul>                                                                                                    |
|---------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 범주      | 구분       | 내용 요소                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 지식 · 이해 | 미적분의 활용  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 미분의 활용</li> <li>• 적분의 활용</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|         | 극좌표와 극곡선 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 극좌표</li> <li>• 극곡선</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|         | 급수       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 급수의 수렴과 발산</li> <li>• 멱급수와 테일러급수</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|         | 미분방정식    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 미분방정식</li> <li>• 미분방정식의 활용</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 과정 · 기능 |          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 수학의 성질, 공식, 규칙에 근거하여 값 또는 식을 구하기</li> <li>• 미적분의 개념 간의 관계를 설명하기</li> <li>• 미적분의 개념, 원리, 법칙을 활용하여 문제를 해결하기</li> <li>• 적절한 공학 도구를 이용하여 미분과 적분을 탐구하기</li> <li>• 직교좌표와 극좌표를 연결하기</li> <li>• 그래프, 멱급수, 방향장으로 정확하게 표현하기</li> <li>• 수열과 급수의 수렴 및 발산 판정하기</li> <li>• 미적분의 개념, 원리, 법칙, 성질을 탐구하기</li> <li>• 미분방정식을 실생활과 연결하기</li> <li>• 미분방정식을 활용하여 실생활의 문제를 해결하기</li> </ul> |
| 가치 · 태도 |          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 적분을 이상적분으로 확장하는 것에 대한 흥미</li> <li>• 극좌표를 활용한 수학적 표현에 대한 편리함 인식</li> <li>• 문제해결 도구로서의 테일러급수, 미분방정식의 유용성 인식</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                               |

## 나. 성취기준

### (1) 미적분의 활용

- [12고미01-01] 뉴턴의 방법을 설명하고, 이를 활용하여 방정식의 해의 근삿값을 구할 수 있다.
- [12고미01-02] 쌍곡선함수와 역쌍곡선함수를 이해하고, 이들 간의 관계를 설명할 수 있다.
- [12고미01-03] 쌍곡선함수와 역쌍곡선함수의 도함수를 구할 수 있다.
- [12고미01-04] 쌍곡선함수와 역쌍곡선함수의 부정적분을 구할 수 있다.
- [12고미01-05] 이상적분을 이해하고, 이를 구할 수 있다.
- [12고미01-06] 미분과 적분을 회전체의 부피와 겉넓이에 대한 문제에 활용하고, 그 유용성을 인식한다.

#### (가) 성취기준 해설

- [12고미01-05] 적분 개념을 이상적분 개념으로 확장하는 것에 대해 흥미를 갖게 한다.

#### (나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- ‘미적분의 활용’ 영역에서는 용어와 기호로 ‘근사해, 뉴턴(의) 방법, 쌍곡선함수, 역쌍곡선함수, 이상적분,  $\sinh x$ ,  $\cosh x$ ,  $\tanh x$ ,  $\sinh^{-1}x$ ,  $\cosh^{-1}x$ ,  $\tanh^{-1}x$ ,  $\int_a^\infty f(x)dx$ ,  $\int_{-\infty}^a f(x)dx$ ,  $\int_{-\infty}^\infty f(x)dx$ ’를 다룬다.
- 뉴턴의 방법의 기하적 의미를 다룰 때 공학 도구를 이용할 수 있다.
- 회전체의 겉넓이는 그 단면인 원의 둘레를 적분하여 구할 수 없다는 점에 주의하게 한다.

### (2) 극좌표와 극곡선

- [12고미02-01] 극좌표를 이해하고, 직교좌표와 극좌표의 관계를 설명할 수 있다.
- [12고미02-02] 극곡선의 대칭성을 이해하고, 극방정식을 그래프로 표현할 수 있다.
- [12고미02-03] 극곡선의 접선의 방정식을 구할 수 있다.
- [12고미02-04] 두 극곡선의 교점과 두 극곡선이 이루는 각을 구할 수 있다.
- [12고미02-05] 극곡선의 길이와 극곡선으로 둘러싸인 영역의 넓이에 대한 문제를 해결할 수 있다.

#### (가) 성취기준 해설

- [12고미02-01] 극좌표와 직교좌표 위의 점, 식 표현 간의 관계를 다룰 때, 두 좌표계의 연결성을 이해하게 한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- ‘극좌표와 극곡선’ 영역에서는 용어와 기호로 ‘극평면, 극좌표, 극방정식, 극곡선’을 다룬다.
- 극방정식의 그래프 개형을 다룰 때 공학 도구를 이용할 수 있다.
- 극좌표를 활용한 수학적 표현과 해석을 다룸으로써 이에 대한 편리함을 인식하게 한다.

(3) 급수

- [12고미03-01] 단조수렴정리를 활용하여 수열의 수렴과 발산을 판정할 수 있다.
- [12고미03-02] 여러 가지 판정법의 원리를 이해하고, 이를 활용하여 양항급수의 수렴과 발산을 판정할 수 있다.
- [12고미03-03] 절대수렴과 조건수렴의 뜻을 알고, 교대급수판정법을 활용하여 교대급수의 절대수렴, 조건수렴, 발산을 판정할 수 있다.
- [12고미03-04] 멱급수와 수렴반경을 이해하고, 이를 구할 수 있다.
- [12고미03-05] 멱급수의 기본 성질을 이해하고, 여러 가지 함수를 멱급수로 표현할 수 있다.
- [12고미03-06] 테일러다항식과 테일러급수를 탐구하고 이해한다.
- [12고미03-07] 테일러급수를 활용하여 여러 가지 문제를 해결하고 그 유용성을 인식한다.

(가) 성취기준 해설

- [12고미03-07] 테일러급수를 활용하여  $\sin 20^\circ$ 와 같은 수의 근삿값을 구하고, 함수의 극한을 구하는 과정을 다룰 수 있다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- ‘급수’ 영역에서는 용어와 기호로 ‘유계, 상계, 최소상계, 단조수렴정리, 일반항판정법, 적분판정법, 조화급수,  $p$ -급수, 비교판정법, 극한비교판정법, 비판정법, 근판정법, 절대수렴, 조건수렴, 교대급수, 교대급수판정법, 재배열급수, 멱급수, 수렴반경, 수렴구간, 테일러급수, 매클로린급수, 테일러다항식’을 다룬다.
- 함수의 그래프와 그 테일러다항식의 그래프 사이의 관계를 다룰 때 공학 도구를 이용할 수 있다.
- 급수의 수렴 판정과 멱급수 및 테일러급수를 이해하는 과정에서 미적분의 유용성을 인식하게 한다.

(4) 미분방정식

- [12고미04-01] 미분방정식의 뜻을 알고, 방향장을 이용하여 미분방정식의 해를 표현할 수 있다.
- [12고미04-02] 오일러의 방법을 이용하여 미분방정식의 근사해를 구할 수 있다.

[12고미04-03] 특정한 형태의 미분방정식의 해를 구할 수 있다.

[12고미04-04] 미분방정식을 활용하여 변화하는 상황을 포함하는 실생활 문제를 해결하고, 그 유용성을 인식한다.

(가) 성취기준 해설

- [12고미04-03] 변수분리형 미분방정식, 선형 미분방정식 등 간단한 형태의 미분방정식의 해를 구하는 방법을 다룬다.
- [12고미04-04] 구체적인 자연 현상이나 사회 현상을 이해하는 과정에서 미분방정식이 실생활과 연결됨을 이해하게 하고, 미분방정식의 유용성을 인식하게 한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- ‘미분방정식’ 영역에서는 용어와 기호로 ‘미분방정식, 방향장, 오일러의 방법, 변수분리형 미분방정식, 선형 미분방정식, 적분인자’를 다룬다.

### 3. 교수·학습 및 평가

#### 가. 교수·학습

(1) 교수·학습의 방향

- (가) ‘고급 미적분’ 교육과정에 제시된 성격, 목표, 내용 체계, 성취기준, 평가와 일관성을 가지도록 교수·학습을 운영한다.
- (나) 핵심 아이디어를 중심으로 수학의 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 통합적으로 교수·학습하여 수학 교과 역량을 함양하고 수리 소양을 갖추게 한다.
- (다) 학생이 주도적으로 수학을 학습하여 ‘고급 미적분’ 교육과정에 제시된 목표를 달성하도록 교수·학습을 운영한다.
- (라) ‘고급 미적분’ 내용 특성에 적합한 교구나 공학 도구를 선택하여 효율적인 교수·학습이 이루어지도록 하고 학생들의 디지털 소양 함양을 도모한다. 그리고 수학 교과서 읽기, 수학 학습 과정과 결과 쓰기, 문장제 해결 등을 통해 학생들의 언어 소양 함양을 도모한다.
- (마) ‘고급 미적분’ 내용의 특성, 학교 여건, 학생의 학습 능력과 수준 등을 고려하여 교수·학

습을 운영한다.

- (바) 학생 개인의 필요, 수학 학습 속도, 학습 능력 등을 고려하여 학생 맞춤형 수업을 실시하고 보충 학습과 심화 학습의 기회를 제공한다.
- (사) ‘고급 미적분’ 교수·학습에서 범교과 학습 주제(안전·건강, 인성, 진로, 민주 시민, 인권, 다문화, 통일, 독도, 경제·금융, 환경·지속가능발전 등)를 현상이나 소재로 선택하여 활용할 수 있다.
- (아) 사회적 환경, 학생의 요구, 수학 내용의 특성, 수업 방식 등에 따라 온라인을 활용한 교수·학습을 운영할 수 있다.
- (자) ‘고급 미적분’의 최소 성취수준을 설정하고 최소 성취수준 보장을 위한 학습 기회를 제공한다.
- (차) ‘고급 미적분’의 교수·학습 계획을 수립하거나 교수·학습 자료 개발 등을 할 때 교육과정을 재구성할 수 있다.

## (2) 교수·학습 방법

(가) 수학 교과 역량 함양을 통해 수학을 깊이 있게 학습하고 적용할 기회를 제공한다.

- ① 다음과 같은 교수·학습 방법을 통해 문제해결 역량을 함양하게 한다.
  - ㉠ 미적분의 개념, 원리, 법칙을 이용하여 해결 가능한 문제를 학생에게 제시한다. 이때 다양한 방법으로 해결 가능한 문제, 여러 가지 해답이 나올 수 있는 문제 등을 활용할 수 있다.
  - ㉡ 문제에 주어진 조건과 정보를 분석하고 적절한 문제해결 계획을 수립하고 실행하며 문제해결 과정을 반성하도록 구체적인 발문과 권고를 제시한다.
  - ㉢ 문제해결 과정 및 결과의 의미를 재해석하여 주어진 문제를 변형하거나 새로운 문제를 만들어 해결하게 한다.
  - ㉣ 성공적인 문제해결 경험을 바탕으로 적극적이고 자신감 있게 문제해결에 참여하게 하고, 단번에 답이 나오지 않는 문제라도 끈기 있게 도전하여 성취감을 느끼게 한다.
- ② 다음과 같은 교수·학습 방법을 통해 추론 역량을 함양하게 한다.
  - ㉠ 미적분의 개념, 원리, 법칙에 흥미와 관심을 갖고 다양한 방법으로 탐구하고 이해하게 한다.
  - ㉡ 귀납, 유추 등의 개연적 추론을 통해 수학적 추측을 제기하고 일반화하며, 수학적 증

거와 논리적 근거를 바탕으로 비판적으로 사고하는 태도를 갖게 한다.

- ㉔ 미적분의 개념, 원리, 법칙을 도출하는 과정과 수학적 절차를 논리적이고 체계적으로 수행하고 반성하게 한다.
- ③ 다음과 같은 교수·학습 방법을 통해 의사소통 역량을 함양하게 한다.
  - ㉑ 수학 용어, 기호, 표, 그래프 등의 수학적 표현을 정확하게 사용하고 표현끼리 변환하게 한다.
  - ㉒ 학생이 자신의 사고와 전략을 수학적 표현으로 나타내고 설명하면서 수학적 표현의 편리함을 인식하게 한다.
  - ㉓ 학생 간 상호 작용과 질문이 활발한 교실 문화를 조성하고 수학적으로 의미 있는 의사소통이 이루어지도록 적절한 과제를 제시하고 안내한다.
  - ㉔ 수학적 아이디어에 대해 상호 작용하는 과정에서 타인을 배려하고 의견을 존중하는 태도를 기르게 한다.
- ④ 다음과 같은 교수·학습 방법을 통해 연결 역량을 함양하게 한다.
  - ㉑ 수학의 여러 영역의 내용을 미적분과 연결하여 새로운 지식을 생성하면서 창의성을 기르게 한다.
  - ㉒ 미적분과 실생활, 사회 및 자연 현상, 타 교과와 내용을 연계하는 과제를 활용하여 미적분의 유용성을 인식하게 한다.
- ⑤ 다음과 같은 교수·학습 방법을 통해 정보처리 역량을 함양하게 한다.
  - ㉑ 실생활 및 수학적 문제 상황에서 자료를 탐색하고 수집하며 수학적으로 처리하여 합리적인 의사 결정을 하는 태도를 기르게 한다.
  - ㉒ 교구나 공학 도구를 활용하여 추상적인 수학 내용을 시각화하고 미적분의 개념, 원리, 법칙에 대한 직관적 이해와 논리적 사고를 돕는다
  - ㉓ 학생이 주도적으로 교구나 공학 도구를 활용하여 탐구하게 한다.
  - ㉔ 계산 기능 함양을 목표로 하지 않는 교수·학습 상황에서는 복잡한 계산을 할 때 공학 도구를 이용할 수 있게 한다.

(나) 학생들이 수학 학습에 주도적으로 참여하는 교수·학습 환경과 분위기를 조성한다.

- ① 수학 학습의 주체가 학생 자신임을 인식하고 수학 학습에 적극적으로 참여하도록 유도한다.
- ② 스스로 수학 학습 목표와 계획을 세우고 학습 결과를 평가하고 성찰하도록 안내한다.
- ③ 수학을 효과적으로 학습하는 방법을 탐색하고 자신의 학습 과정과 태도를 돌아보고 조절하는 자기주도적 학습 습관을 형성하도록 지도한다.
- ④ 교사 및 동료와 협력적 관계 속에서 수학 학습에 대한 조언과 의견을 경청하고 수용할

수 있도록 허용적인 분위기를 조성한다.

- ⑤ 수학 학습에 자신감을 가지고 실수가 배움의 기회임을 인식하며 끈기 있게 도전하도록 격려하고 지원한다.

(다) ‘고급 미적분’의 수업은 학습 내용, 학생의 학습 능력과 수준 등을 고려하여 다음의 교수·학습 방안을 적절히 선택하여 적용한다.

- ① 설명식 교수는 교사가 설명과 시연을 통해 수업을 주도하는 교수·학습 방안으로, 수업 내용을 구조화하여 체계적으로 지도하는 데 효과적이다. 이때, 교사는 학생의 적극적인 수업 참여를 유도하고, 사고를 촉진하는 발문을 적절히 활용한다.
- ② 토의·토론 학습은 특정 주제에 대해 협의하거나 논의하는 교수·학습 방안으로, 학생들이 수학 내용을 폭넓게 이해하고 자신의 주장을 효과적으로 표현하고 다른 사람의 의견을 비판적 사고를 통해 수용하여 합리적으로 의사 결정하는 태도를 기를 수 있게 한다.
- ③ 협력 학습은 모둠 내의 상호 작용, 의사소통, 참여를 통해 공동의 학습 목표에 도달하도록 하는 교수·학습 방안으로, 다른 사람을 존중하고 배려하며 모둠 내의 역할을 수행하고 책임감을 기를 수 있게 한다.
- ④ 탐구 학습은 학생이 중심이 되어 수학의 개념, 원리, 법칙을 발견하고 구성하는 교수·학습 방안으로, 학생 스스로 자료와 정보로부터 지식을 도출하거나 지식의 타당성을 확인하는 것이 중요함을 알게 할 수 있다.
- ⑤ 프로젝트 학습은 학생 스스로 특정 주제나 과제를 탐구하고 해결하기 위해 계획을 수립하고 수행하여 결과물을 산출하고 공유하는 교수·학습 방안으로, 자기주도적으로 수학 지식과 경험을 통합하게 할 수 있다.
- ⑥ 수학적 모델링은 학생의 삶과 연계된 현상을 다양한 수학적 표현 방식을 이용하여 수학적 모델로 만들고 수학적 모델을 다시 실생활이나 사회 및 자연 현상에 적용하는 교수·학습 방안으로, 수학의 응용에 대한 넓은 안목을 갖게 할 수 있다.
- ⑦ 놀이 및 게임 학습은 호기심과 흥미를 유발하는 놀이 및 게임 활동을 활용하는 교수·학습 방안으로, 활동 속에서 수학 개념이나 원리를 탐구하고 동료와 경쟁 또는 협력하면서 자연스럽게 수학에 접근하고 수학 학습에 대한 자신감 및 의사소통 역량을 기르게 할 수 있다.

(라) 수학 교수·학습 과정에서 학생의 다양성을 고려하고 학생의 성장을 지원하기 위한 맞춤형 지도를 실시한다.

- ① 학생의 수학 학습 수준이나 사고방식의 차이를 존중하여 학생 개인에게 적합한 학습 과제를 선정하여 제시하고, 학생이 소재나 과정을 선택하고 구성할 수 있도록 수학 학습

활동을 설계한다.

- ② 학생의 시도와 성취에 대해 구체적으로 격려하고 칭찬하며, 동료 학생의 학습 수준이나 학습 결과에 대해 포용적인 교실 문화를 형성한다.
- ③ 학생의 수학 학습 과정과 결과를 점검하여 학생의 성장 발전을 지원하고, 이때 온라인 학습 관리 시스템을 활용할 수 있다.

(마) 범교과 학습 또는 타 교과와의 연계를 고려하여 수학 교수·학습 과정을 설계할 수 있다.

- ① 범교과 학습 주제에 관심을 갖고 각종 자료와 정보를 수집하여 수학적으로 분석 및 해석하게 하고, 수학적 분석 결과에 근거하여 토의와 토론에 참여하게 한다.
- ② 가정, 학교, 지역사회와의 연계나 타 교과와의 연계를 고려하여 범교과 학습 주제에 대한 프로젝트를 수행할 수 있다.
- ③ 수학적 모델링을 활용하여 타 교과의 내용을 맥락으로 수학의 개념, 원리, 법칙 등을 다루는 연계 수업을 할 수 있다.

(바) 온라인 수학 교수·학습 상황에서는 다음 사항에 유의한다.

- ① 원격수업을 실시하는 경우, 학생의 특성과 학습 내용의 성격에 적합하고 안정적으로 운영할 수 있는 온라인 학습 플랫폼을 선택하여 수업 목표, 수업 내용, 수업 전략을 설계하고 운영한다.
- ② 학습 내용과 학생의 수준에 적합한 매체와 도구를 활용하여 학습의 효율성과 다양성을 도모한다.
- ③ 원격수업에서도 학생 참여형 수업이 이루어질 수 있도록 하고 적절한 조언과 발문을 통하여 학습 참여를 이끌어 낸다.
- ④ 온라인 교수·학습 자료를 활용할 때는 공표된 저작물의 출처를 명시하고 다른 누리집 등에 공유하지 않도록 안내한다.

## 나. 평가

### (1) 평가의 방향

(가) 학생의 수학 학습에 대한 정보를 수집·활용하여 학생의 주도적 학습과 성장을 지원하고 교사의 수업 개선을 돕도록 지속적으로 평가를 실시한다.

(나) ‘고급 미적분’ 교육과정에 제시된 성격, 목표, 내용 체계, 성취기준, 교수·학습과 일관성

을 가지도록 평가를 실시한다.

- (다) 학생의 수학 학습을 돕기 위해 수업과 평가를 통합하여 과정을 중시하는 평가를 실시한다.
- (라) 수학 내용 체계의 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 학습 결과뿐 아니라 학습 과정에서 균형 있게 평가한다.
- (마) ‘고급 미적분’ 이수 전에 최소 성취수준을 학생에게 제시하고, 학생이 평가 과정에 적극적으로 참여하고 스스로 설정한 수학 학습 목표 달성 여부를 점검할 수 있게 한다.
- (바) 학생의 사회·문화적 배경, 신체 특성 등이 불리하게 작용하지 않도록 평가를 실시하고, 학생의 사전 지식, 수학에 대한 흥미, 학습 유형, 학습 수준을 고려하여 평가 목적, 교수·학습 내용 및 방법에 따라 다양한 평가 방법을 적용한다.
- (사) 진단 평가, 형성 평가, 총괄 평가 등을 적절히 활용하여 수학 학습 과정과 결과에 대한 구체적인 정보를 바탕으로 학생의 특성과 학습 결손을 파악하고 개별적 지원 방안을 마련한다.
- (아) 온라인 수학 수업에서 평가를 할 때 학습 환경 등의 외적 요소가 수학 학습 과정과 평가 결과에 영향을 미치지 않도록 한다.
- (자) 평가 절차를 개방적이고 공정하게 시행하고 학생의 수학 학습에 대한 의미 있는 정보를 학생, 학부모에게 제공한다.

## (2) 평가 방법

- (가) 수학 수업과 연계하여 과정을 중시하는 평가를 실시할 때는 다음 사항을 고려한다.
  - ① 성취기준을 중심으로 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도 범주를 평가 요소로 구체화한다.
  - ② 교수·학습과 연계하여 적절한 평가 도구와 준거를 개발하고 평가를 실시한다.
  - ③ 평가 결과에 기반하여 학생의 학습 정보 및 수행 과정을 학생과 학부모에게 환류한다.
- (나) 수학 교과 역량을 평가할 때는 다음 사항을 고려한다.
  - ① 문제해결 역량의 평가는 수학의 개념, 원리, 법칙을 문제 상황에 적절히 활용하는지, 주어진 조건과 정보를 분석하고 적절한 해결 전략을 탐색하여 해결하는지, 문제해결 과정을 돌아보며 절차에 따라 타당하게 결과를 얻어내고 이를 반성하는지, 적극적이고 자신감 있게 문제해결에 참여하는지, 적절한 방법을 찾기 위해 끈기 있게 도전하는지 등을 고려한다.
  - ② 추론 역량의 평가는 수학의 개념, 원리, 법칙을 이해하는지, 논리적으로 절차를 수행하는

지, 수학적 지식을 다양한 방법으로 탐구하는지, 관찰에 근거하여 추측하고 일반화를 할 수 있는지, 추측의 근거를 제시하는지, 타당한 정당화를 하는지, 수학에 대한 흥미와 관심을 갖는지, 체계적으로 사고하려는 성향이 있는지, 수학적 증거와 논리적 근거를 바탕으로 비판적으로 사고하는 태도를 갖는지 등을 고려한다.

- ③ 의사소통 역량의 평가는 수학 용어, 기호, 표, 그래프 등 수학적 표현을 이해하고 정확하게 사용하는지, 적절한 수학적 표현을 선택할 수 있는지, 수학적 표현 간에 변환을 할 수 있는지, 수학적 아이디어나 수학 학습 과정 및 결과에 대해 표현하고 다른 사람의 견해를 이해하는지, 수학적 표현의 편리함을 인식하는지, 타인을 배려하고 의견을 존중하는지 등을 고려한다.
- ④ 연결 역량의 평가는 영역이나 학년(군) 내용 사이에서 개념, 원리, 법칙을 적절하게 관련지어 이해하는지, 수학의 개념, 원리, 법칙을 연계하여 새로운 지식을 생성할 수 있는지, 수학을 실생활이나 타 교과와의 지식, 기능, 경험에 적용할 수 있는지, 실생활이나 타 교과와의 지식, 기능, 경험을 수학적으로 해석할 수 있는지, 수학을 바탕으로 창의적으로 관련성을 찾을 수 있는지, 수학의 유용성을 인식하는지 등을 고려한다.
- ⑤ 정보처리 역량의 평가는 자료와 정보를 목적에 맞게 수집하고 변환하고 정리하는지, 자료를 바탕으로 도출한 결론이 적절한지, 교구나 공학 도구를 적절하게 활용하는지, 수학적 근거를 바탕으로 합리적으로 의사 결정하는 태도를 갖는지 등을 고려한다.

(다) 학생의 수학 학습 과정과 결과는 다양한 평가 방안을 사용하여 양적 또는 질적으로 평가한다.

- ① 지필평가는 수학 내용 체계의 지식·이해, 과정·기능을 평가하는 데 활용할 수 있고, 선택형, 단답형, 서·논술형 등의 다양한 문항 유형을 사용할 수 있다.
- ② 프로젝트 평가는 학생 스스로 특정 주제나 과제를 탐구하고 해결하기 위해 계획을 수립하고 수행하는 과정과 그 결과물을 평가하는 방안으로, 수학 내용 체계의 세 범주를 종합적으로 평가할 때 활용할 수 있다.
- ③ 포트폴리오 평가는 학생의 성장에 대한 정보를 얻기 위해 수학 학습 수행과 그 결과물을 일정 기간 수집하여 평가하는 방안으로, 수학 교과 역량의 발달을 종합적으로 평가할 때 활용할 수 있다.
- ④ 관찰 평가, 면담 평가, 구술 평가는 학생 개인 및 소집단을 관찰, 학생과의 질의응답, 학생의 발표를 통해 평가하는 방안으로, 학생의 사고 방법, 수행 과정, 수학 내용 체계의 가치·태도 등을 평가할 때 활용할 수 있다.
- ⑤ 자기 평가는 학생 스스로 자신의 학습 과정과 결과를 평가하는 방안으로, 수학 내용의 이해와 수행 과정, 문제해결과 추론 과정의 반성, 자신의 생각 표현, 수학 내용 체계의

가치·태도 등을 평가할 때 활용할 수 있다.

- ⑥ 동료 평가는 동료 학생들이 상대방을 서로 평가하는 방안으로, 협력 학습 상황에서 학생 개개인의 역할 수행이나 집단 활동의 기여를 평가할 때 활용할 수 있다.

(라) 교구나 공학 도구를 활용하여 평가할 때는 다음 사항을 고려한다.

- ① 성취기준의 도달 여부를 판단하는 데 교구나 공학 도구의 사용이 효과적인 경우 이를 활용한 평가를 실시할 수 있다.
- ② 교구나 공학 도구를 활용하여 평가할 때는 교구나 공학 도구의 기능 및 조작이 아닌 수학 내용의 탐구 과정을 평가한다.

(마) 온라인 수학 교수·학습 환경에서 평가할 때는 다음 사항을 고려한다.

- ① 온라인 수학 학습에서는 학생의 활동에 근거한 구체적인 자료를 사용하여 평가한다.
- ② 온라인 학습 플랫폼이나 학습 관리 시스템을 이용하여 학생의 수행 과정을 관찰하고 개별 맞춤형으로 환류할 수 있다.
- ③ 학생의 접속 환경 미비로 인한 불참 시 기회 부여 등에 대해 방안을 마련하고 형평성의 문제가 제기되지 않도록 사전에 안내한다.

(바) ‘고급 미적분’의 최소 성취수준 보장을 위해 다음 사항에 유의한다.

- ① ‘고급 미적분’의 최소 성취수준을 학생에게 공지하여 학생 스스로 성취목표를 설정하고 학습에 참여하도록 한다.
- ② 진단 평가를 통해 학생의 ‘고급 미적분’의 최소 성취수준 도달 가능성을 예측하고 학습 의욕과 동기를 유발하여 최소 성취수준에 도달하도록 안내한다.
- ③ 형성 평가를 통해 학생의 ‘고급 미적분’의 학습 과정을 지속적으로 관찰하고 학생이 자신의 학습에 대한 조치를 할 수 있도록 평가 결과를 환류한다.

# 고급 기하

## 1. 성격 및 목표

### 가. 성격

‘고급 기하’는 기하의 심화된 내용과 추론 방식을 이해하고 탐구하는 과목이다. ‘고급 기하’는 기하적 대상을 대수, 미적분과 연결하여 탐구하게 함으로써 미래 사회에 새롭게 나타나게 될 여러 융합 지식 및 기술 분야의 토대가 된다.

‘고급 기하’를 학습한 학생들은 도형의 성질을 증명하고 도형을 작도하는 과정에서 수학적 추측을 제기하고 연역적으로 이를 증명함으로써 추론 능력을 함양할 수 있고, 미적분을 활용하여 곡선의 성질을 탐구하고 방정식과 곡면을 관련지어 이해하는 경험을 통해 수학의 여러 영역 사이의 연결성을 인식할 수 있다. 또한 공학 도구를 이용하여 도형을 나타내고 분석하는 과정을 통해 수학에 대한 흥미를 갖고 공학 도구를 활용하는 능력을 기를 수 있다. ‘고급 기하’는 자신의 진로와 적성을 고려하여 더욱 심화된 수학을 학습하기를 원하는 학생들이 선택할 수 있다. ‘고급 기하’는 자연과학, 공학, 의학뿐만 아니라 경제·경영학을 포함한 사회과학, 인문학, 예술 및 체육 분야를 학습하는 데 기초가 되며, 나아가 학생이 적성을 발견하고 진로를 설계하는 기반을 제공한다.

학생들은 ‘고급 기하’의 학습을 통해 수학 지식을 이해하고 수학적 사고 과정에 요구되는 기능을 형성하며 수학의 가치를 인식하고 바람직한 수학적 태도를 갖추어 수학 교과 역량을 함양할 수 있다. 또한 ‘고급 기하’를 학습하는 과정에서 협력하여 문제를 해결하고 성찰하는 경험을 통해 다른 사람에 대한 포용성을 갖춘 민주 시민이자 인간과 환경의 공존 및 지속가능한 발전을 추구하며 사회적 책임감을 가지고 합리적으로 의사 결정하는 세계 공동체의 일원으로 성장할 수 있다.

### 나. 목표

‘고급 기하’의 개념, 원리, 법칙을 이해하고 수학의 가치를 인식하며 바람직한 수학적 태도를 길러 수학적으로 추론하고 의사소통하며 다양한 현상과 연결하여 정보를 처리하고 문제를 창의적으로 해결하는 수학 교과 역량을 함양한다.

- (1) 기하 지식을 이해하고 활용하여 적극적이고 자신감 있게 여러 가지 문제를 해결한다.
- (2) 기하에 흥미와 관심을 갖고 추측과 정당화를 통해 추론한다.
- (3) 기하에서 활용되는 수학적 사고와 전략에 대해 의사소통하고 수학적 표현의 편리함을 인식한다.
- (4) 기하와 관련된 수학의 개념, 원리, 법칙 간의 연결성을 탐구하고 실생활이나 타 교과에 수학을 적용하여 수학의 유용성을 인식한다.
- (5) 목적에 맞게 교구나 공학 도구를 활용하며 자료를 수집하고 처리하여 정보에 근거한 합리적인 의사 결정을 한다.

## 2. 내용 체계 및 성취기준

### 가. 내용 체계

| 핵심 아이디어 |          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 도형의 작도 가능성은 대수적으로 설명되며 도형의 성질에 대한 정리는 논리적 사고를 통해 증명된다.</li> <li>• 곡선을 매개변수로 표현하는 것은 곡선의 성질을 미적분을 활용하여 탐구하는 데 유용하다.</li> <li>• 곡면을 공간좌표를 통해 대수적으로 표현하는 것은 곡면기하를 이해하는 데 유용하다.</li> </ul>                                                                                                                                                                               |
|---------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 범주 \ 구분 |          | 내용 요소                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 지식 · 이해 | 작도와 평면기하 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 작도</li> <li>• 평면기하</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|         | 곡선의 성질   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 자취</li> <li>• 정칙곡선과 곡률</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|         | 곡면의 성질   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 이차곡면</li> <li>• 구면기하</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 과정 · 기능 |          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 작도의 원리를 이해하고 평면도형을 작도하기</li> <li>• 기하의 개념, 원리, 법칙이나 자신의 수학적 사고와 전략을 설명하기</li> <li>• 기하적 대상을 수학의 여러 영역의 내용과 연결하기</li> <li>• 연역적 추론을 통해 기하와 관련된 명제를 증명하기</li> <li>• 적절한 공학 도구를 이용하여 기하적 대상을 탐구하기</li> <li>• 곡선과 곡면을 방정식으로 정확하게 표현하기</li> <li>• 수학의 성질, 공식, 규칙에 근거하여 값 또는 식을 구하기</li> <li>• 기하의 개념, 원리, 법칙, 성질을 탐구하기</li> <li>• 평면에서의 도형과 구면에서의 도형의 의미를 연결하기</li> </ul> |
| 가치 · 태도 |          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 기하와 관련된 명제에 대한 연역적 증명을 통해 수학적 엄밀성을 추구하는 태도</li> <li>• 곡선의 매개변수 표현을 평면에서 공간으로 확장하는 것에 대한 흥미</li> <li>• 곡면을 해석하는 도구로서 등위곡선의 유용성 인식</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                          |

## 나. 성취기준

### (1) 작도와 평면기하

- [12고기01-01] 기초적인 도형을 작도하고, 그 과정을 설명할 수 있다.
- [12고기01-02] 다양한 도형을 작도하고, 그 과정을 설명할 수 있다.
- [12고기01-03] 도형의 작도가능성 문제를 대수와 연결하여 설명할 수 있다.
- [12고기01-04] 평면도형에 대한 기초적인 성질을 이해하고 이를 증명할 수 있다.
- [12고기01-05] 삼각형과 관련된 다양한 정리를 이해하고 이를 증명할 수 있다.
- [12고기01-06] 원과 관련된 다양한 정리를 이해하고 이를 증명할 수 있다.

#### (가) 성취기준 해설

- [12고기01-01] 원의 접선 작도, 선분의 내분점과 외분점 작도 등을 다룰 수 있다.
- [12고기01-02] 삼각형에 내접하는 정사각형 작도, 세 평행선 위에 각각 꼭짓점을 갖는 정삼각형 작도 등 주어진 조건을 만족하는 도형의 작도를 다룰 수 있다.
- [12고기01-03] 대수적 수와 작도가능성을 이해하게 하고, 작도불가능한 수로  $\sqrt[3]{2}$ ,  $\cos 20^\circ$ ,  $\sqrt{\pi}$ 와 같은 예를 다룰 수 있다.
- [12고기01-04] 원의 접선이 반지름과 수직으로 만나는 성질 등을 다룰 수 있다.
- [12고기01-05] 메넬라우스 정리, 체바의 정리 등을 다룰 수 있다.
- [12고기01-06] 톨레미의 정리, 심슨의 정리 등을 다룰 수 있다.

#### (나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- ‘작도와 평면기하’ 영역에서는 용어와 기호로 ‘대수적 수, 작도(불)가능’을 다룬다.
- 작도를 다룰 때 공학 도구를 이용할 수 있다.
- 작도의 원리와 방법을 이해하게 함으로써 다양한 작도 방법을 발견할 수 있게 한다.
- 도형과 관련된 성질 또는 정리를 연역적으로 증명함으로써 수학적 엄밀성을 추구하는 태도를 기르게 한다.

### (2) 곡선의 성질

- [12고기02-01] 좌표평면에서 곡선의 매개변수 방정식을 구하고, 그 과정을 설명할 수 있다.
- [12고기02-02] 공학 도구를 이용하여 좌표평면에서 점의 자취를 탐구할 수 있다.
- [12고기02-03] 좌표공간에서 곡선을 매개변수 방정식으로 표현할 수 있다.
- [12고기02-04] 좌표공간에서 움직이는 점의 속도와 가속도를 구할 수 있다.

- [12고기02-05] 정칙곡선을 이해하고, 좌표공간에서 매개변수 방정식으로 표현된 곡선의 길이를 구할 수 있다.
- [12고기02-06] 단위속력곡선, 호의 길이 매개변수를 이해하고, 이를 설명할 수 있다.
- [12고기02-07] 곡선을 단위속력곡선으로 재매개화하는 방법을 탐구하여 이해하고, 단위속력곡선을 구할 수 있다.
- [12고기02-08] 곡률과 곡률반경을 이해하고, 이를 구할 수 있다.

(가) 성취기준 해설

- [12고기02-01] 사이클로이드, 에피사이클로이드, 하이포사이클로이드 등을 다룰 수 있다.
- [12고기02-03] 원나선 등을 다룰 수 있다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- ‘곡선의 성질’ 영역에서는 용어와 기호로 ‘정칙곡선, 재매개화, 단위속력곡선, 호의 길이 매개변수, 곡률, 곡률반경’을 다룬다.
- 매개변수 방정식 표현과 그 곡선의 길이를 구하는 원리를 평면에서 공간으로 확장하는 경험을 통해 수학의 공식이나 성질을 일반화하는 것에 대해 흥미를 갖게 한다.

(3) 곡면의 성질

- [12고기03-01] 등위곡선의 뜻을 알고, 이를 활용하여 좌표공간의 곡면을 탐구하고 이해한다.
- [12고기03-02] 이차곡면과 그 그래프를 이해하고, 이차곡면을 방정식으로 표현할 수 있다.
- [12고기03-03] 구면삼각형의 뜻을 알고, 구면삼각형의 내각의 합에 대한 성질을 탐구하고 이해한다.
- [12고기03-04] 구면코사인법칙과 구면사인법칙을 이해하고, 이를 활용할 수 있다.

(가) 성취기준 해설

- [12고기03-01] 좌표공간에서 곡면을 이해하고 해석하는 도구로서 등위곡선의 유용성을 인식하게 한다.
- [12고기03-02] 이차곡면은 타원면, 일엽 쌍곡면, 이엽 쌍곡면, 이차뿔면 등을 다룬다. 다양한 이차곡면의 식과 좌표공간 상에 나타나는 이차곡면의 그래프를 연결하여 탐구하게 한다.
- [12고기03-03] 구면삼각형의 내각의 합과 평면 위의 삼각형의 내각의 합에 대한 성질의 차이점을 알게 한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- ‘곡면의 성질’ 영역에서는 용어와 기호로 ‘등위곡선, 곡면, 이차곡면, 측지선, 구면삼각형, 구

면코사인법칙, 구면사인법칙'을 다룬다.

- 공간에서 곡면의 성질을 이해하고 분석하는 과정에서 평면도형을 다룰 때 발견한 기하적 성질을 어떻게 연결하여 활용할 수 있는지 탐구하게 한다.

### 3. 교수·학습 및 평가

#### 가. 교수·학습

##### (1) 교수·학습의 방향

- (가) '고급 기하' 교육과정에 제시된 성격, 목표, 내용 체계, 성취기준, 평가와 일관성을 가지도록 교수·학습을 운영한다.
- (나) 핵심 아이디어를 중심으로 수학의 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 통합적으로 교수·학습하여 수학 교과 역량을 함양하고 수리 소양을 갖추게 한다.
- (다) 학생이 주도적으로 수학을 학습하여 '고급 기하' 교육과정에 제시된 목표를 달성하도록 교수·학습을 운영한다.
- (라) '고급 기하' 내용 특성에 적합한 교구나 공학 도구를 선택하여 효율적인 교수·학습이 이루어지도록 하고 학생들의 디지털 소양 함양을 도모한다. 그리고 수학 교과서 읽기, 수학 학습 과정과 결과 쓰기, 문장제 해결 등을 통해 학생들의 언어 소양 함양을 도모한다.
- (마) '고급 기하' 내용의 특성, 학교 여건, 학생의 학습 능력과 수준 등을 고려하여 교수·학습을 운영한다.
- (바) 학생 개인의 필요, 수학 학습 속도, 학습 능력 등을 고려하여 학생 맞춤형 수업을 실시하고 보충 학습과 심화 학습의 기회를 제공한다.
- (사) '고급 기하' 교수·학습에서 범교과 학습 주제(안전·건강, 인성, 진로, 민주 시민, 인권, 다문화, 통일, 독도, 경제·금융, 환경·지속가능발전 등)를 현상이나 소재로 선택하여 활용할 수 있다.
- (아) 사회적 환경, 학생의 요구, 수학 내용의 특성, 수업 방식 등에 따라 온라인을 활용한 교수·학습을 운영할 수 있다.

(자) ‘고급 기하’의 최소 성취수준을 설정하고 최소 성취수준 보장을 위한 학습 기회를 제공한다.

(차) ‘고급 기하’의 교수·학습 계획을 수립하거나 교수·학습 자료 개발 등을 할 때 교육과정을 재구성할 수 있다.

## (2) 교수·학습 방법

(가) 수학 교과 역량 함양을 통해 수학을 깊이 있게 학습하고 적용할 기회를 제공한다.

① 다음과 같은 교수·학습 방법을 통해 문제해결 역량을 함양하게 한다.

- ㉠ 기하의 개념, 원리, 법칙을 이용하여 해결 가능한 문제를 학생에게 제시한다. 이때 다양한 방법으로 해결 가능한 문제, 여러 가지 해답이 나올 수 있는 문제 등을 활용할 수 있다.
- ㉡ 문제에 주어진 조건과 정보를 분석하고 적절한 문제해결 계획을 수립하고 실행하며 문제해결 과정을 반성하도록 구체적인 발문과 권고를 제시한다.
- ㉢ 문제해결 과정 및 결과의 의미를 재해석하여 주어진 문제를 변형하거나 새로운 문제를 만들어 해결하게 한다.
- ㉣ 평면이나 공간의 기하적 대상과 관련된 문제들을 논증기하 또는 해석기하 등의 다양한 관점으로 해결할 수 있음을 인식하도록 한다.
- ㉤ 성공적인 문제해결 경험을 바탕으로 적극적이고 자신감 있게 문제해결에 참여하게 하고, 단번에 답이 나오지 않는 문제라도 끈기 있게 도전하여 성취감을 느끼게 한다.

② 다음과 같은 교수·학습 방법을 통해 추론 역량을 함양하게 한다.

- ㉠ 기하의 개념, 원리, 법칙에 흥미와 관심을 갖고 다양한 방법으로 탐구하고 이해하게 한다.
- ㉡ 귀납, 유추 등의 개연적 추론을 통해 수학적 추측을 제기하고 일반화하며 연역적 추론을 통해 도형의 성질을 증명하면서 추측과 논리적 사고를 바탕으로 비판적으로 사고하는 태도를 갖게 한다.
- ㉢ 기하의 개념, 원리, 법칙을 도출하는 과정과 수학적 절차를 논리적이고 체계적으로 수행하고 반성하게 한다.

③ 다음과 같은 교수·학습 방법을 통해 의사소통 역량을 함양하게 한다.

- ㉠ 평면과 공간의 다양한 기하적 대상을 이해하고 설명하기 위하여 수학 용어와 기호 등의 다양한 수학적 표현을 정확하게 사용하게 한다.
- ㉡ 기하적 대상에 관한 의사소통 과정에서 자신의 사고와 전략을 드러내는 여러 가지 수학적 표현을 개발하고 변환하면서 수학적 표현의 편리함을 인식하게 한다.
- ㉢ 학생 간 상호 작용과 질문이 활발한 교실 문화를 조성하고 수학적으로 의미 있는 의사

소통이 이루어지도록 적절한 과제를 제시하고 안내한다.

㉔ 수학적 아이디어에 대해 상호 작용하는 과정에서 타인을 배려하고 의견을 존중하는 태도를 기르게 한다.

④ 다음과 같은 교수·학습 방법을 통해 연결 역량을 함양하게 한다.

㉑ 기하와 대수의 관련된 개념, 원리, 법칙 등을 유기적으로 연계하여 새로운 지식을 생성하면서 창의성을 기르게 한다.

㉒ 기하와 실생활, 사회 및 자연 현상, 타 교과와 내용을 연계하는 과제를 활용하여 기하의 유용성을 인식하게 한다.

⑤ 다음과 같은 교수·학습 방법을 통해 정보처리 역량을 함양하게 한다.

㉑ 실생활 및 수학적 문제 상황에서 주어진 도형의 정보를 활용하여 새로운 사실을 발견하거나 수학적으로 처리하여 합리적인 의사 결정을 하는 태도를 기르게 한다.

㉒ 교구나 공학 도구를 활용하여 추상적인 수학 내용을 시각화하고 기하의 개념, 원리, 법칙에 대한 직관적 이해와 논리적 사고를 돕는다.

㉓ 학생이 주도적으로 교구나 공학 도구를 활용하여 탐구하게 한다.

㉔ 계산 기능 함양을 목표로 하지 않는 교수·학습 상황에서는 복잡한 계산을 할 때 공학 도구를 이용할 수 있게 한다.

(나) 학생들이 수학 학습에 주도적으로 참여하는 교수·학습 환경과 분위기를 조성한다.

① 수학 학습의 주체가 학생 자신임을 인식하고 수학 학습에 적극적으로 참여하도록 유도한다.

② 스스로 수학 학습 목표와 계획을 세우고 학습 결과를 평가하고 성찰하도록 안내한다.

③ 수학을 효과적으로 학습하는 방법을 탐색하고 자신의 학습 과정과 태도를 돌아보고 조절하는 자기주도적 학습 습관을 형성하도록 지도한다.

④ 교사 및 동료와 협력적 관계 속에서 수학 학습에 대한 조언과 의견을 경청하고 수용할 수 있도록 허용적인 분위기를 조성한다.

⑤ 수학 학습에 자신감을 가지고 실수가 배움의 기회임을 인식하며 끈기 있게 도전하도록 격려하고 지원한다.

(다) ‘고급 기하’의 수업은 학습 내용, 학생의 학습 능력과 수준 등을 고려하여 다음의 교수·학습 방안을 적절히 선택하여 적용한다.

① 설명식 교수는 교사가 설명과 시연을 통해 수업을 주도하는 교수·학습 방안으로, 수업 내용을 구조화하여 체계적으로 지도하는 데 효과적이다. 이때, 교수는 학생의 적극적인 수업 참여를 유도하고, 사고를 촉진하는 발문을 적절히 활용한다.

- ② 토의·토론 학습은 특정 주제에 대해 협의하거나 논의하는 교수·학습 방안으로, 학생들이 수학 내용을 폭넓게 이해하고 자신의 주장을 효과적으로 표현하고 다른 사람의 의견을 비판적 사고를 통해 수용하여 합리적으로 의사 결정하는 태도를 기를 수 있게 한다.
  - ③ 협력 학습은 모둠 내의 상호 작용, 의사소통, 참여를 통해 공동의 학습 목표에 도달하도록 하는 교수·학습 방안으로, 다른 사람을 존중하고 배려하며 모둠 내의 역할을 수행하고 책임감을 기를 수 있게 한다.
  - ④ 탐구 학습은 학생이 중심이 되어 수학의 개념, 원리, 법칙을 발견하고 구성하는 교수·학습 방안으로, 학생 스스로 자료와 정보로부터 지식을 도출하거나 지식의 타당성을 확인하는 것이 중요함을 알게 할 수 있다.
  - ⑤ 프로젝트 학습은 학생 스스로 특정 주제나 과제를 탐구하고 해결하기 위해 계획을 수립하고 수행하여 결과물을 산출하고 공유하는 교수·학습 방안으로, 자기주도적으로 수학 지식과 경험을 통합하게 할 수 있다.
  - ⑥ 수학적 모델링은 학생의 삶과 연계된 현상을 다양한 수학적 표현 방식을 이용하여 수학적 모델로 만들고 수학적 모델을 다시 실생활이나 사회 및 자연 현상에 적용하는 교수·학습 방안으로, 수학의 응용에 대한 넓은 안목을 갖게 할 수 있다.
  - ⑦ 놀이 및 게임 학습은 호기심과 흥미를 유발하는 놀이 및 게임 활동을 활용하는 교수·학습 방안으로, 활동 속에서 수학 개념이나 원리를 탐구하고 동료와 경쟁 또는 협력하면서 자연스럽게 수학에 접근하고 수학 학습에 대한 자신감 및 의사소통 역량을 기르게 할 수 있다.
- (라) 수학 교수·학습 과정에서 학생의 다양성을 고려하고 학생의 성장을 지원하기 위한 맞춤형 지도를 실시한다.
- ① 학생의 수학 학습 수준이나 사고방식의 차이를 존중하여 학생 개인에게 적합한 학습 과제를 선정하여 제시하고, 학생이 소재나 과정을 선택하고 구성할 수 있도록 수학 학습 활동을 설계한다.
  - ② 학생의 시도와 성취에 대해 구체적으로 격려하고 칭찬하며, 동료 학생의 학습 수준이나 학습 결과에 대해 포용적인 교실 문화를 형성한다.
  - ③ 학생의 수학 학습 과정과 결과를 점검하여 학생의 성장 발전을 지원하고, 이때 온라인 학습 관리 시스템을 활용할 수 있다.
- (마) 범교과 학습 또는 타 교과와의 연계를 고려하여 수학 교수·학습 과정을 설계할 수 있다.
- ① 범교과 학습 주제에 관심을 갖고 각종 자료와 정보를 수집하여 수학적으로 분석 및 해석하게 하고, 수학적 분석 결과에 근거하여 토의와 토론에 참여하게 한다.

- ② 가정, 학교, 지역사회와의 연계나 타 교과와의 연계를 고려하여 범교과 학습 주제에 대한 프로젝트를 수행할 수 있다.
- ③ 수학적 모델링을 활용하여 타 교과의 내용을 맥락으로 수학의 개념, 원리, 법칙 등을 다루는 연계 수업을 할 수 있다.

(바) 온라인 수학 교수·학습 상황에서는 다음 사항에 유의한다.

- ① 원격수업을 실시하는 경우, 학생의 특성과 학습 내용의 성격에 적합하고 안정적으로 운영할 수 있는 온라인 학습 플랫폼을 선택하여 수업 목표, 수업 내용, 수업 전략을 설계하고 운영한다.
- ② 학습 내용과 학생의 수준에 적합한 매체와 도구를 활용하여 학습의 효율성과 다양성을 도모한다.
- ③ 원격수업에서도 학생 참여형 수업이 이루어질 수 있도록 하고 적절한 조언과 발문을 통하여 학습 참여를 이끌어 낸다.
- ④ 온라인 교수·학습 자료를 활용할 때는 공표된 저작물의 출처를 명시하고 다른 누리집 등에 공유하지 않도록 안내한다.

## 나. 평가

### (1) 평가의 방향

- (가) 학생의 수학 학습에 대한 정보를 수집·활용하여 학생의 주도적 학습과 성장을 지원하고 교사의 수업 개선을 돕도록 지속적으로 평가를 실시한다.
- (나) ‘고급 기하’ 교육과정에 제시된 성격, 목표, 내용 체계, 성취기준, 교수·학습과 일관성을 가지도록 평가를 실시한다.
- (다) 학생의 수학 학습을 돕기 위해 수업과 평가를 통합하여 과정을 중시하는 평가를 실시한다.
- (라) 수학 내용 체계의 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 학습 결과뿐 아니라 학습 과정에서 균형 있게 평가한다.
- (마) ‘고급 기하’ 이수 전에 최소 성취수준을 학생에게 제시하고, 학생이 평가 과정에 적극적으로 참여하고 스스로 설정한 수학 학습 목표 달성 여부를 점검할 수 있게 한다.
- (바) 학생의 사회·문화적 배경, 신체 특성 등이 불리하게 작용하지 않도록 평가를 실시하고,

학생의 사전 지식, 수학에 대한 흥미, 학습 유형, 학습 수준을 고려하여 평가 목적, 교수·학습 내용 및 방법에 따라 다양한 평가 방법을 적용한다.

- (사) 진단 평가, 형성 평가, 총괄 평가 등을 적절히 활용하여 수학 학습 과정과 결과에 대한 구체적인 정보를 바탕으로 학생의 특성과 학습 결손을 파악하고 개별적 지원 방안을 마련한다.
- (아) 온라인 수학 수업에서 평가를 할 때 학습 환경 등의 외적 요소가 수학 학습 과정과 평가 결과에 영향을 미치지 않도록 한다.
- (자) 평가 절차를 개방적이고 공정하게 시행하고 학생의 수학 학습에 대한 의미 있는 정보를 학생, 학부모에게 제공한다.

## (2) 평가 방법

- (가) 수학 수업과 연계하여 과정을 중시하는 평가를 실시할 때는 다음 사항을 고려한다.
  - ① 성취기준을 중심으로 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도 범주를 평가 요소로 구체화한다.
  - ② 교수·학습과 연계하여 적절한 평가 도구와 준거를 개발하고 평가를 실시한다.
  - ③ 평가 결과에 기반하여 학생의 학습 정보 및 수행 과정을 학생과 학부모에게 환류한다.
- (나) 수학 교과 역량을 평가할 때는 다음 사항을 고려한다.
  - ① 문제해결 역량의 평가는 수학의 개념, 원리, 법칙을 문제 상황에 적절히 활용하는지, 주어진 조건과 정보를 분석하고 적절한 해결 전략을 탐색하여 해결하는지, 문제해결 과정을 돌아보며 절차에 따라 타당하게 결과를 얻어내고 이를 반성하는지, 적극적이고 자신감 있게 문제해결에 참여하는지, 적절한 방법을 찾기 위해 끈기 있게 도전하는지 등을 고려한다.
  - ② 추론 역량의 평가는 수학의 개념, 원리, 법칙을 이해하는지, 논리적으로 절차를 수행하는지, 수학적 지식을 다양한 방법으로 탐구하는지, 관찰에 근거하여 추측하고 일반화를 할 수 있는지, 추측의 근거를 제시하는지, 타당한 정당화를 하는지, 수학에 대한 흥미와 관심을 갖는지, 체계적으로 사고하려는 성향이 있는지, 수학적 증거와 논리적 근거를 바탕으로 비판적으로 사고하는 태도를 갖는지 등을 고려한다.
  - ③ 의사소통 역량의 평가는 수학 용어, 기호, 표, 그래프 등 수학적 표현을 이해하고 정확하게 사용하는지, 적절한 수학적 표현을 선택할 수 있는지, 수학적 표현 간에 변환을 할 수 있는지, 수학적 아이디어나 수학 학습 과정 및 결과에 대해 표현하고 다른 사람의 견해를 이해하는지, 수학적 표현의 편리함을 인식하는지, 타인을 배려하고 의견을 존중하는지 등을 고려한다.

- ④ 연결 역량의 평가는 영역이나 학년(군) 내용 사이에서 개념, 원리, 법칙을 적절하게 관련지어 이해하는지, 수학의 개념, 원리, 법칙을 연계하여 새로운 지식을 생성할 수 있는지, 수학을 실생활이나 타 교과 지식, 기능, 경험에 적용할 수 있는지, 실생활이나 타 교과 지식, 기능, 경험을 수학적으로 해석할 수 있는지, 수학을 바탕으로 창의적으로 관련성을 찾을 수 있는지, 수학의 유용성을 인식하는지 등을 고려한다.

- ⑤ 정보처리 역량의 평가는 자료와 정보를 목적에 맞게 수집하고 변환하고 정리하는지, 자료를 바탕으로 도출한 결론이 적절한지, 교구나 공학 도구를 적절하게 활용하는지, 수학적 근거를 바탕으로 합리적으로 의사 결정하는 태도를 갖는지 등을 고려한다.

(다) 학생의 수학 학습 과정과 결과는 다양한 평가 방안을 사용하여 양적 또는 질적으로 평가한다.

- ① 지필평가는 수학 내용 체계의 지식·이해, 과정·기능을 평가하는 데 활용할 수 있고, 선택형, 단답형, 서·논술형 등의 다양한 문항 유형을 사용할 수 있다.
- ② 프로젝트 평가는 학생 스스로 특정 주제나 과제를 탐구하고 해결하기 위해 계획을 수립하고 수행하는 과정과 그 결과물을 평가하는 방안으로, 수학 내용 체계의 세 범주를 종합적으로 평가할 때 활용할 수 있다.
- ③ 포트폴리오 평가는 학생의 성장에 대한 정보를 얻기 위해 수학 학습 수행과 그 결과물을 일정 기간 수집하여 평가하는 방안으로, 수학 교과 역량의 발달을 종합적으로 평가할 때 활용할 수 있다.
- ④ 관찰 평가, 면담 평가, 구술 평가는 학생 개인 및 소집단을 관찰, 학생과의 질의응답, 학생의 발표를 통해 평가하는 방안으로, 학생의 사고 방법, 수행 과정, 수학 내용 체계의 가치·태도 등을 평가할 때 활용할 수 있다.
- ⑤ 자기 평가는 학생 스스로 자신의 학습 과정과 결과를 평가하는 방안으로, 수학 내용의 이해와 수행 과정, 문제해결과 추론 과정의 반성, 자신의 생각 표현, 수학 내용 체계의 가치·태도 등을 평가할 때 활용할 수 있다.
- ⑥ 동료 평가는 동료 학생들이 상대방을 서로 평가하는 방안으로, 협력 학습 상황에서 학생 개개인의 역할 수행이나 집단 활동의 기여를 평가할 때 활용할 수 있다.

(라) 교구나 공학 도구를 활용하여 평가할 때는 다음 사항을 고려한다.

- ① 성취기준의 도달 여부를 판단하는 데 교구나 공학 도구의 사용이 효과적인 경우 이를 활용한 평가를 실시할 수 있다.
- ② 교구나 공학 도구를 활용하여 평가할 때는 교구나 공학 도구의 기능 및 조작이 아닌 수학 내용의 탐구 과정을 평가한다.

(마) 온라인 수학 교수·학습 환경에서 평가할 때는 다음 사항을 고려한다.

- ① 온라인 수학 학습에서는 학생의 활동에 근거한 구체적인 자료를 사용하여 평가한다.
- ② 온라인 학습 플랫폼이나 학습 관리 시스템을 이용하여 학생의 수행 과정을 관찰하고 개별 맞춤형으로 환류할 수 있다.
- ③ 학생의 접속 환경 미비로 인한 불참 시 기회 부여 등에 대해 방안을 마련하고 형평성의 문제가 제기되지 않도록 사전에 안내한다.

(바) ‘고급 기하’의 최소 성취수준 보장을 위해 다음 사항에 유의한다.

- ① ‘고급 기하’의 최소 성취수준을 학생에게 공지하여 학생 스스로 성취목표를 설정하고 학습에 참여하도록 한다.
- ② 진단 평가를 통해 학생의 ‘고급 기하’의 최소 성취수준 도달 가능성을 예측하고 학습 의욕과 동기를 유발하여 최소 성취수준에 도달하도록 안내한다.
- ③ 형성 평가를 통해 학생의 ‘고급 기하’의 학습 과정을 지속적으로 관찰하고 학생이 자신의 학습에 대한 조치를 할 수 있도록 평가 결과를 환류한다.

# 고급 물리학

## 1. 성격 및 목표

### 가. 성격

‘고급 물리학’은 물리학에 흥미와 관심이 있는 과학계열 고등학교 학생이나 일반계 고등학교에서 과학 과목 중점 교육과정을 이수하는 학생들이 심화된 수준으로 물리학의 학문적 체계와 내용을 학습하기 위한 과목이다. ‘고급 물리학’에서는 과학적 소양과 문제해결력을 갖춘 창의적인 사람을 육성하기 위해 물리학의 심화 내용에 대한 통합적인 이해를 바탕으로 최신 물리학 내용을 학습하도록 하는 데 중점을 둔다.

‘고급 물리학’은 고등학교 일반선택 과목인 ‘물리학’, 진로 선택 과목인 ‘역학과 에너지’, ‘전자기와 양자’, 과학계열 융합 선택 과목인 ‘물리학 실험’ 과목과 긴밀히 연계된다.

‘고급 물리학’은 물리학 분야의 전공과목을 이수하는 데 필요한 탐구 방법을 익히고 다양한 물리 현상을 통합적인 관점에서 파악할 수 있도록 역학, 전자기학, 광학, 현대 물리 4개의 영역으로 구성된다. 역학 영역에서는 입자계의 운동을 뉴턴의 운동 법칙으로 설명하고, 열역학 법칙으로 이상 기체의 운동과 열역학 과정을 설명한다. 전자기학 영역에서는 전기력을 바탕으로 전자기 작용을 이해하고 이를 바탕으로 전기 회로를 응용한 다양한 현대적 활용을 다룬다. 광학 영역에서는 파동과 빛의 성질에 대한 이해를 바탕으로 광학 기기와 영상 예술에 대한 광범위한 응용을 다룬다. 현대 물리 영역에서는 20세기 이후 물리학의 새로운 발전을 이룬 상대성 이론과 양자역학의 기본 개념 및 양자역학을 토대로 새롭게 이해하게 된 핵과 소립자를 다룬다. 각 영역에서는 심화된 물리 내용뿐만 아니라 현재 활발하게 연구되고 있는 분야를 다루어 미래 사회의 책임 있는 민주시민이 갖추어야 할 과학적 소양과 역량을 기르도록 한다.

미래 사회는 첨단 과학기술을 기반으로 혁신적인 융복합 영역이 창출되는 사회로, 과학적 문제 해결력과 창의성을 발휘하는 전문가 집단과 과학적 소양을 갖춘 시민이 함께 이끄는 사회이다. ‘고급 물리학’에서는 심화된 물리학 개념과 원리 및 탐구 중심의 학습을 통해 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도의 세 차원을 상호보완적으로 함양함으로써 영역별 핵심 아이디어에 도달하고, 행위 주체로서 갖추어야 할 과학적 소양을 기를 수 있을 것이다.

## 나. 목표

물리 현상에 대해 흥미와 호기심을 가지고 자연 현상 속에 있는 규칙성과 아름다움을 발견하고, 물리학의 핵심 개념에 대한 이해를 바탕으로 다양한 탐구와 문제해결 과제를 수행하여, 물리학과 관련된 다양한 문제를 창의적이고 자기 주도적으로 해결하는 과학적 소양과 역량을 기른다.

- (1) 물리학 학습에 흥미와 호기심을 가지고, 자연 현상 및 첨단 과학기술과 관련된 문제를 과학적으로 해결하려는 태도를 기른다.
- (2) 물리학의 탐구 방법을 이해하고 자연 현상 및 일상생활과 관련된 문제를 과학적이고 창의적으로 탐구하려는 능력을 기른다.
- (3) 물리 개념의 심화 내용을 체계적으로 이해하고, 자연 현상 및 첨단 과학기술과 관련된 문제 해결에 이를 적용한다.
- (4) 물리학에서 현재 연구되고 있는 분야를 이해하고, 책임 있는 민주시민이 갖추어야 할 과학적 소양과 역량을 기른다.

## 2. 내용 체계 및 성취기준

### 가. 내용 체계

|         |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |       |
|---------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 핵심 아이디어 |       | <ul style="list-style-type: none"><li>• 역학은 물체 사이에 작용하는 힘과 운동의 관계를 다루는 학문으로, 힘과 돌림힘, 선운동량과 각운동량, 일과 에너지라는 물리량을 도입하여 질점과 입자계의 운동을 기술한다.</li><li>• 열역학은 열과 관련된 현상을 기술하는 물리학의 한 영역으로, 열역학 제1법칙과 제2법칙 등을 기반으로 여러 거시적인 양들 사이의 관계를 기술한다.</li><li>• 전자기학은 전기와 자기 현상을 탐구하는 학문으로, 물질의 구성이나 물질 간의 상호 작용을 이해하는 근본적인 이론 체계이며 현대 정보과학 기술의 기반이 된다.</li><li>• 광학은 빛의 거동과 특성을 연구하고 응용하는 물리학의 한 분야로, 레이저, 현미경, 망원경, 카메라 등 여러 학문과 산업 분야에서 쓰이는 주요 광학 기술의 기반이 된다.</li><li>• 현대 물리는 고전 물리에 대한 근본적인 의문을 해결하는 과정에서 발전한 학문으로, 시공간과 미시세계에 대한 새로운 이론과 관점을 제안하는 상대성 이론과 양자역학을 포함한다.</li></ul> |       |
| 범주      |       | 구분                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 내용 요소 |
| 지식·이해   | 역학    | <ul style="list-style-type: none"><li>• 입자계의 운동 • 선운동량과 각운동량 보존 법칙</li><li>• 보존력과 비보존력 • 이상 기체 방정식</li><li>• 열역학 제1법칙 • 열 역학 제2법칙과 엔트로피</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |       |
|         | 전자기학  | <ul style="list-style-type: none"><li>• 전기장과 전기용량 • 전류의 자기 작용과 전자기 유도</li><li>• 키르히호프 회로 법칙과 교류 회로 • 맥스웰 방정식과 전자기파</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |       |
|         | 광학    | <ul style="list-style-type: none"><li>• 거울과 렌즈에 의한 상 • 빛의 간섭과 간섭계</li><li>• 회절과 분해능 • 편광</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |       |
|         | 현대 물리 | <ul style="list-style-type: none"><li>• 특수 상대성 이론과 일반 상대성 이론</li><li>• 상보성 원리와 불확정성 원리</li><li>• 핵분열과 핵융합의 기본 과정 • 물질의 기본 상호 작용</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |       |
| 과정·기능   |       | <ul style="list-style-type: none"><li>• 물리 현상에서 문제를 인식하고 가설을 설정하기</li><li>• 변인을 조작적으로 정의하여 탐구 설계하기</li><li>• 다양한 도구와 수학적 사고를 활용하여 정보를 수집·기술하기</li><li>• 증거와 과학적 사고에 근거하여 자료를 분석·평가·추론하기</li><li>• 결론을 도출하고 자연 현상 및 기술 상황에 적용·설명하기</li><li>• 모형을 생성하고 활용하기</li><li>• 다양한 매체를 활용하여 표현하고 의사소통하기</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                             |       |
| 가치·태도   |       | <ul style="list-style-type: none"><li>• 과학의 심미적 가치</li><li>• 과학 유용성</li><li>• 자연과 과학에 대한 감수성</li><li>• 과학 창의성</li><li>• 과학 활동의 윤리성</li><li>• 과학 문제 해결에 대한 개방성</li><li>• 안전·지속가능 사회에 기여</li><li>• 과학 문화 향유</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |       |

## 나. 성취기준

### (1) 역학

- [12고물01-01] 벡터를 이용하여 지표면 근처의 포물선 운동을 정량적으로 분석할 수 있다.
- [12고물01-02] 보존력과 운동량 보존 법칙을 이용하여 다양한 충돌 현상을 설명할 수 있다.
- [12고물01-03] 회전 관성과 각운동량 보존 법칙을 이용하여 물체의 회전 운동을 설명할 수 있다.
- [12고물01-04] 뉴턴의 운동 법칙과 케플러의 세 가지 운동 법칙을 이용하여 행성의 운동을 분석하고, 인공위성의 궤도와 속도를 구할 수 있다.
- [12고물01-05] 이상 기체의 상태 변화와 거동을 이상 기체 방정식과 열역학 제1법칙 및 분자 운동 모형으로 설명할 수 있다.
- [12고물01-06] 열효율과 엔트로피의 개념을 알고, 열기관과 자발적 과정을 설명할 수 있다.

#### (가) 성취기준 해설

- [12고물01-01] 여러 가지 힘이 작용하는 경우의 물리량을 구하는 예에서 미분이 포함된 운동 방정식을 해결할 수 있도록 한다.
- [12고물01-03] 회전 운동을 설명하기 위해서는 돌림힘과 각운동량 등과 같은 새로운 물리량이 필요하며, 그 양들 사이의 관계로부터 회전 운동에 적합한 운동 법칙을 찾을 수 있음을 이해할 수 있도록 한다.

#### (나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군 ‘힘의 작용’, 고등학교 ‘통합과학1’의 시스템과 상호작용, ‘물리학’의 힘과 에너지, ‘역학과 에너지’의 시공간과 운동 및 열과 에너지와 연계된다.
- 열역학 법칙을 소개할 때 제1법칙은 닫힌계 또는 고립계의 이상 기체에 한정하여 다루고, 제2법칙은 온도와 열 출입에 의해 결정되는 엔트로피와 관련된 법칙이라는 것을 이해하도록 지도한다.

### (2) 전자기학

- [12고물02-01] 가우스 법칙으로 도체와 유전체가 만드는 전기장을 구하고, 전위, 정전기 차폐와 등전위면, 전기 쌍극자 등을 설명할 수 있다.
- [12고물02-02] 평행판 축전기의 직렬연결과 병렬연결에 따른 전기 용량 변화를 계산하고, 평행판 축전기에서 유전체의 역할을 설명할 수 있다.
- [12고물02-03] 전류에 의한 자기장과 전자기 유도 법칙, 자체 유도 계수를 설명할 수 있다.

- [12고물02-04] 전자기파의 발생 원리를 이해하고, 전자기파의 성질과 종류를 조사·발표할 수 있다.
- [12고물02-05] 키르히호프 법칙을 이용하여, 다양한 회로 내 전류, 전압을 예측할 수 있다.
- [12고물02-06] 교류 전기의 발생 원리와 교류 기전력의 주기적 변화를 이해하고, LC 회로와 RLC 회로에서 전기 진동과 공진 현상을 설명할 수 있다.

(가) 성취기준 해설

- [12고물02-01] 전기 선속 개념을 이용하여 가우스 법칙을 유도하고, 도체와 유전체에 적용하여 가우스 법칙의 의미를 설명할 수 있도록 한다.
- [12고물02-03] 비오-사바르 법칙을 이용하여 전류에 의한 자기장을 예측할 수 있으며, 대칭성이 있는 경우 암페어 법칙을 이용하여 쉽게 자기장을 구하도록 한다.
- [12고물02-04] 전자기파의 파동 방정식을 유도하고, 맥스웰 방정식의 과학사적 의미에 대해 토의하게 한다.
- [12고물02-06] 교류의 특성으로 나타나는 용량 리액턴스와 유도 리액턴스를 정의하고, 교류 회로에서 임피던스를 계산할 수 있도록 한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군 ‘전기와 자기’, 고등학교 ‘통합과학1’의 물질과 규칙성, ‘통합과학2’의 환경과 에너지, ‘물리학’의 전기와 자기, ‘전자기와 양자’의 전자기적 상호 작용과 연계된다.
- 이 영역을 지도할 때 과학과 공학 실험에서 전기 회로가 폭넓게 활용되고 있음을 이해하도록 한다.

(3) 광학

- [12고물03-01] 거울과 얇은 렌즈에 의한 상을 설명하고, 현미경, 망원경, 카메라 등 여러 가지 광학 기기의 원리에 적용할 수 있다.
- [12고물03-02] 영의 이중 슬릿 실험에서 나타나는 무늬의 특징과 다양한 간섭계를 설명할 수 있다.
- [12고물03-03] 회절의 원리와 관련 현상을 설명하고, 광학 기기의 분해능에 적용할 수 있다.
- [12고물03-04] 편광 방향에 따라 빛의 투과가 달라지는 현상에서 규칙성을 찾고, 3D 영상 기술 등 편광이 실생활에 적용되는 사례를 찾아 설명할 수 있다.

(가) 성취기준 해설

- [12고물03-03] 단일 슬릿, 원형 슬릿, 이중 슬릿, 다중 슬릿(회절격자)에 의한 회절 현상을 다룬다.
- [12고물03-04] 편광이 실생활에 적용되는 사례로서 여러 가지 형태의 디스플레이 장치에서 편광의 종류와 제작 방법이 어떻게 활용되는지 설명한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군 ‘빛과 파동’, 고등학교 ‘물리학’의 빛과 물질, ‘전자기와 양자’의 빛과 정보 통신과 연계된다.
- 뉴턴 링, 마이컬슨 간섭계 등과 같은 사례를 들어 빛의 파동적 특성이 초정밀 정량적 측정에 활용됨을 소개한다.

(4) 현대 물리

- [12고물04-01] 가속 좌표계에서 물체의 운동을 관성력을 이용하여 설명할 수 있다.
- [12고물04-02] 시공간 및 질량과 에너지의 관계와 중력에 의한 시간 변화를 설명할 수 있다.
- [12고물04-03] 빛의 이중성을 흑체복사, 광전효과, 콤프턴 효과를 바탕으로 이해하고, 물질파를 드 브로이 파장과 전자 회절로 설명할 수 있다.
- [12고물04-04] 상보성 원리와 불확정성 원리를 설명할 수 있다.
- [12고물04-05] 1차원 무한 퍼텐셜 상자 속의 입자가 갖는 파동 함수와 에너지 준위를 정량적으로 설명하고, 반도체를 띠 이론으로 이해하고, 나노 물리학의 전망을 토의할 수 있다.
- [12고물04-06] 쿼크, 렙톤, 매개 입자의 특성과 핵분열과 핵융합의 기본 과정, 별에서의 핵융합 반응과 플라스마에 관해 설명할 수 있다.

(가) 성취기준 해설

- [12고물04-01~02] 특수 상대성 이론의 탄생 배경과 기본 가정, 결과를 상세히 서술하고, 일반 상대성 이론에 대해서는 정성적인 의미를 설명한다.
- [12고물04-05] 양자역학이 수립되는 과정과 그 과정에서 발견된 빛과 물질의 이중성, 불확정성의 원리, 보어의 양자 가설을 시작으로 한 수소 원자 모형과 스펙트럼, 슈뢰딩거 방정식을 소개한다.
- [12고물04-06] 자연을 이루는 기본적인 상호 작용과 물질을 이루는 기본 입자를 설명하고, 표준 모형에 따라 우주를 이루는 기본 입자를 설명한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군 ‘전기와 자기’, 고등학교 ‘통합과학1’의 물질과 규칙성, ‘통합과학2’의 환경과 에너지, ‘물리학’의 전기와 자기, ‘전자기와 양자’의 양자와 미시세계와 연계된다.
- 컴퓨터와 통신을 결합한 정보화 혁명을 가져오는 큰 변화를 가능케 한 것은 반도체라는 사실을 인식할 수 있도록 한다.
- 나노 튜브와 그래핀 등 신소재를 조사·발표하는 활동 등을 통해 나노 물리학의 전망을 토의하도록 한다.
- 핵분열 기술의 위험과 안전, 핵융합 기술 연구의 전망을 조사하고 토의하는 활동을 포함한다.

### 3. 교수·학습 및 평가

#### 가. 교수·학습

##### (1) 교수·학습의 방향

- (가) ‘고급 물리학’ 관련 다양한 활동을 통해 ‘고급 물리학’ 교육과정에서 제시한 목표를 달성하고, ‘고급 물리학’ 관련 기초 소양 및 미래 사회에 필요한 역량을 함양하기 위한 교수·학습 계획을 수립하여 지도한다.
- (나) ‘고급 물리학’ 교육과정의 내용 체계표에 제시된 핵심 개념인 지식·이해뿐만 아니라 과정·기능, 가치·태도를 균형 있게 발달시킬 수 있도록 지도한다.
- (다) 역량 함양을 위한 깊이 있는 학습이 이루어지도록 적절하고 다양한 일상생활 소재나 실험·실습의 기회를 학생들에게 제공하여 실제적인 맥락에서 문제를 해결하는 경험을 할 수 있도록 한다.
- (라) 학생의 발달과 성장을 지원할 수 있도록 학생의 능력 및 수준에 적합한 ‘고급 물리학’ 과목의 교수·학습 계획을 수립하고, 학생이 능동적인 학습자로서 수업에 참여할 수 있도록 한다.
- (마) 디지털 교육 환경 변화에 따른 온·오프라인 연계 수업을 실시하고, 다양한 디지털 플랫폼과 기술 및 도구를 적극적으로 활용한다.

##### (2) 교수·학습 방법

- (가) 학년이나 학기 초에 교과 협의회를 열어 교육과정-교수·학습-평가가 일관되게 이루어질 수 있도록 ‘고급 물리학’ 과목의 교수·학습 계획을 수립한다.
  - 교수·학습 계획 수립이나 학습 자료 개발 시 학교 여건, 지역 특성, 학습 내용의 특성과 난이도, 학생 수준, 자료의 준비 가능성 등을 고려하여 교육과정의 내용, 순서 등을 재구성할 수 있다.
  - 학생이 과제 연구, 과학관 견학과 같은 여러 가지 과학 활동에 참여할 수 있도록 계획한다.
  - 실험·실습에서 지속적인 관찰이 요구되는 내용을 지도할 때는 자료 준비, 관찰자, 관찰 내용 등에 관한 세부 계획을 미리 세운다.
  - 학생이 스스로 진로를 고려하여 과학 과목 이수 경로를 설계할 수 있도록 하고, 선택 과목 간

교육내용 연계 및 진로연계교육을 고려하여 지도계획을 수립한다.

- 융합적 사고와 과학적 창의성을 계발하기 위해 내용 연계성을 고려하여 과목 내 영역이나 수학, 기술, 공학, 예술 등 다른 교과와 통합 및 연계하여 지도할 수 있도록 계획한다.

(나) 강의, 실험, 토의·토론, 발표, 조사, 역할 놀이, 프로젝트, 과제 연구, 과학관 견학과 같은 학교 밖 과학 활동 등 다양한 교수·학습 방법을 적절히 활용하고, 학생이 능동적으로 수업에 참여할 수 있도록 한다.

- 학생의 지적 호기심과 학습 동기를 유발할 수 있도록 발문하고, 개방형 질문을 적극적으로 활용한다.
- 교사 중심의 실험보다 학생 중심의 탐구 활동을 설계하고, 동료들과의 협업을 통해 과제를 해결하는 과정에서 상호 협력이 중요함을 인식하도록 지도한다.
- 탐구 수행 과정에서 자신의 의견을 명확히 표현하고 다른 사람의 의견을 존중하는 태도를 가지며, 과학적인 근거에 기초하여 의사소통하도록 지도한다.
- 모형을 사용할 때는 모형과 실제 자연 현상 사이에 차이가 있음을 이해할 수 있도록 한다.
- 과학 및 과학과 관련된 사회적 쟁점을 주제로 과학 글쓰기와 토론을 실시하여 과학적 사고력, 과학적 의사소통 능력 등을 함양할 수 있도록 지도한다.

(다) 학생의 디지털 소양 함양과 교수·학습 환경의 변화를 고려하여 교수·학습을 지원하는 다양한 디지털 기기 및 환경을 적극적으로 활용한다.

- ‘고급 물리학’ 학습에 대한 학생의 이해를 돕고 흥미를 유발하며 구체적 조작 경험과 활동을 제공하기 위해 모형이나 시청각 자료, 가상 현실이나 증강 현실 자료, 소프트웨어, 컴퓨터 및 스마트 기기, 인터넷 등의 최신 정보통신기술과 기기 등을 실험과 탐구에 적절히 활용한다.
- 온라인 학습 지원 도구를 적극적으로 활용하여 대면 수업의 한계를 극복하고, 다양한 교수·학습 활동이 온라인 학습 환경에서도 이루어질 수 있도록 한다.
- 지능정보기술 등 첨단 과학기술 기반의 과학 교육이 이루어질 수 있도록 지능형 과학실을 활용한 탐구 실험·실습 중심의 교수·학습 활동 계획을 수립하여 실행한다.
- ‘고급 물리학’ 관련 탐구 활동에서 다양한 센서나 기기 등 디지털 탐구 도구를 활용하여 실시간으로 자료를 측정하거나 공공기관에서 제공한 자료를 활용하여 자료를 수집하고 처리하는 기회를 제공한다.
- 학교 및 학생의 디지털 활용 수준 등을 고려하여 디지털 격차가 발생하지 않도록 유의한다.
- 교육용 마이크로프로세서를 활용한 피지컬 컴퓨팅을 탐구 실험·실습에 도입하여 학생의 참여도를 높이고 융복합적 문제해결 능력을 신장하는 기회를 제공한다.

(라) 학생의 ‘고급 물리학’에 대한 흥미, 즐거움, 자신감 등 정의적 영역에 관한 성취를 높이고 ‘고급 물리학’ 관련 진로를 탐색할 수 있는 교수·학습 방안을 강구한다.

- 과학 지식의 잠정성, 과학적 방법의 다양성, 과학 윤리, 과학·기술·사회의 상호 관련성, 과학적 모델의 특성, 과학의 본성과 관련된 내용을 적절한 소재를 활용하여 지도한다.
- 학습 내용과 관련된 첨단 과학기술을 다양한 형태의 자료로 제시함으로써 현대 생활에서 첨단 과학이 갖는 가치와 잠재력을 인식하도록 지도한다.
- 과학자 이야기, 과학사, 시사성 있는 과학 내용 등을 도입하여 과학에 대한 호기심과 흥미를 유발한다.
- 학교의 지역적 특성을 고려하여 지역의 자연 환경, 지역 명소, 박물관, 과학관 등 지역별 과학 교육 자원을 적극적으로 활용한다.
- ‘고급 물리학’ 관련 직업이나 다양한 활용 사례를 통해 학습과 진로에 대한 동기를 부여한다.
- 물리학이 많은 과학 분야의 기초를 제공하며, 자연 세계를 본질적으로 이해하는 기본적 학문임을 인식시키고, 학습 내용과 관련된 첨단 과학이나 기술을 다양한 형태의 자료로 제시함으로써 현대 생활에서 첨단 과학이 갖는 가치와 잠재력을 인식하도록 지도한다.

(마) 학생이 ‘고급 물리학’ 교육과정에 제시된 탐구 및 실험·실습 활동을 안전하게 진행할 수 있는 환경을 조성한다.

- 실험 기구의 사용 방법과 안전 사항을 사전에 지도하여 사고가 발생하지 않도록 유의한다.
- 야외 탐구 활동 및 현장 학습 시에는 사전 답사를 실시하거나 관련 자료를 조사하여 안전한 활동을 실행한다.
- 실험 기구나 재료는 수업 이전에 충분히 준비하되, 실험 후 발생하는 폐기물은 적법한 절차에 따라 처리하여 환경을 오염시키지 않도록 유의한다.
- 상황에 따라 실험 시연 또는 시범으로 대체할 수 있다.

(바) 범교과 학습, 생태전환교육, 디지털·인공지능 기초 소양 함양과 관련한 교육내용 중 해당 주제와 연계하여 지도할 수 있는 내용을 선정하여 함께 학습할 수 있도록 지도한다.

(사) 학습 부진 학생, 특정 분야에서 탁월한 재능을 보이는 학생, 특수교육 대상 학생 등 모두를 위한 교육을 위해 학습자가 지닌 교육적 요구에 적합한 교수·학습 계획을 수립하여 지도한다.

- 학생의 능력과 흥미 등 개인차를 고려하여 학습 내용과 실험·실습 활동 등을 수정하거나 대체 활동을 마련하여 제공할 수 있다.
- 특수교육 대상 학생의 학습 참여도를 높이기 위해 학습자의 장애 및 발달 특성을 고려하여 교

과 내용이나 실험·실습 활동을 보다 자세히 안내하거나 학생이 이해할 수 있도록 적합한 대안을 제시할 수 있다.

- (아) 교육과정에서 제시된 성취기준에 학생이 도달할 수 있도록 하고, 최소 성취수준 보장을 위한 교수·학습 계획을 수립한다.
- 교수·학습 과정에서 학생의 성취 정도를 수시로 파악함으로써 교육과정 성취기준 도달 정도를 점검한다.
- 교육과정 성취기준에 도달하지 못하는 학생을 위해서 별도의 학습 자료를 제공하는 등 최소 성취수준에 도달할 수 있도록 지도한다.

## 나. 평가

### (1) 평가의 방향

- (가) ‘고급 물리학’에서의 평가는 교육과정 성취기준에 근거하여 실시하되, 평가 결과에 대한 환류를 통해 학생의 학습과 성장을 도울 수 있도록 계획하여 실시한다.
- (나) ‘고급 물리학’ 교육과정상의 내용 체계와의 관련성을 고려하여 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 균형 있게 평가하되, 지식·이해 중심의 평가를 지양한다.
- (다) 학습 부진 학생, 특정 분야에서 탁월한 재능을 보이는 학생, 특수교육 대상 학생 등의 경우 적절한 평가 방법을 제공하여 교육적 요구에 맞는 평가가 이루어질 수 있도록 한다.
- (라) ‘고급 물리학’ 학습 내용을 평가할 때, 온라인 학습 지원 도구 등 디지털 교육 환경을 활용한 평가 방안이나 평가 도구를 적극적으로 활용한다.

### (2) 평가 방법

- (가) ‘고급 물리학’ 과목의 평가는 평가 계획 수립, 평가 문항과 도구 개발, 평가의 시행, 평가 결과의 처리, 평가 결과의 활용 등의 절차를 거쳐 실시한다.
- (나) 교수·학습 계획을 수립할 때, ‘고급 물리학’ 교육과정 성취기준을 고려하여 평가의 시기나 방법을 포함한 평가 계획을 함께 수립한다.
- 교수·학습과 평가를 유기적으로 연결하여, 학습 결과에 대한 평가뿐만 아니라 평가 과정이 학생 자신의 학습 과정이나 결과를 성찰할 기회가 되도록 한다.
- 평가의 시기와 목적에 맞게 진단 평가, 형성 평가, 총괄 평가 등을 계획하여 실시한다.

- 평가는 교수·학습의 목표와 성취기준에 근거하여 실시하고, 그 결과를 후속 학습 지도 계획 수립과 지도 방법 개선, 진로 지도 등에 활용한다.
- 평가 결과를 바탕으로 학생 개별 맞춤형 환류를 제공하여 학생 스스로 평가 결과를 해석하고 학습 계획을 세울 수 있도록 한다.

(다) 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 고르게 평가함으로써 ‘고급 물리학’의 교수·학습 목표 도달 여부를 종합적으로 파악할 수 있도록 한다. 또한, 학습의 결과뿐만 아니라 학습의 과정도 함께 평가한다.

- ‘고급 물리학’의 핵심 개념을 이해하고 적용하는 능력을 평가한다.
- ‘고급 물리학’의 과학적 탐구에 필요한 문제 인식 및 가설 설정, 탐구 설계 및 수행, 자료 수집 분석 및 해석, 결론 도출 및 일반화, 의사소통과 협업 등과 관련된 과정·기능을 평가한다.
- ‘고급 물리학’에 대한 흥미와 가치 인식, 학습 참여의 적극성, 협동성, 과학적으로 문제를 해결하는 태도, 창의성 등을 평가한다.

(라) ‘고급 물리학’을 평가할 때는 학생의 학습 과정과 결과를 평가하기 위해 지필평가(선택형, 서술형, 논술형 등), 관찰, 실험·실습, 보고서, 면담, 구술, 포트폴리오, 자기 평가, 동료 평가 등의 다양한 방법을 활용한다.

- 성취기준에 근거하여 평가 요소에 적합한 평가 상황을 설정하고, 타당한 평가 방법을 선정한다.
- 타당도와 신뢰도가 높은 평가를 위하여 가능하면 공동으로 평가 도구를 개발하여 활용한다.
- 평가 도구를 개발할 때는 창의융합적 문제해결력과 인성 및 감성 함양에 도움이 되는 소재나 상황들을 적극적으로 발굴하여 활용한다.
- 평가 요소에 따라 개별 평가와 모둠 평가를 실시하고, 자기 평가와 동료 평가도 활용할 수 있다.
- 디지털 교수·학습 환경을 고려하여 온라인 학습 지원 도구 등을 활용한 온라인 평가를 병행하여 활용할 수 있다.

(마) 학생들의 ‘고급 물리학’ 교육과정 성취기준에 대한 도달 정도를 파악하기 위해 형성 평가를 실시하고, 그 결과를 바탕으로 최소 성취수준 보장을 위한 맞춤형 교수·학습 활동을 실시한다.

- 다양한 평가 도구를 활용하여 ‘고급 물리학’ 교육과정에 근거한 최소 성취수준에 도달할 수 없는 학생을 사전에 파악함으로써 최소 성취수준 보장을 위한 조치를 취한다.
- 평가 결과를 학생의 ‘고급 물리학’ 학습 성취수준에 대한 진단과 더불어 학생 맞춤형 보정 계획과 연계하도록 한다.

# 고급 화학

## 1. 성격 및 목표

### 가. 성격

‘고급 화학’은 21세기를 살아가는 데 필요한 핵심역량과 물질 현상을 과학적이고 창의적으로 분석하고 예측할 수 있는 화학적 소양을 함양하기 위한 과목이다. ‘고급 화학’은 물질 탐구 과정과 지식에 대한 통합적 이해를 바탕으로 학생들이 화학에 대한 호기심과 흥미를 갖고 과학적 탐구 능력과 태도를 함양하여 개인과 사회의 문제를 과학적이고 창의적으로 해결하는 전문가로서의 역량 신장을 목표로 한다.

‘고급 화학’은 고등학교 ‘화학’, 고등학교 진로 선택 ‘물질과 에너지’, ‘화학 반응의 세계’와 융합 선택 ‘기후변화와 환경생태’, ‘융합과학 탐구’에서 다룬 화학 지식의 심화 내용으로 ‘화학 실험’과 긴밀하게 연계되어 있다.

‘고급 화학’은 물질의 구조, 물질의 성질, 물질의 변화와 에너지, 물질의 변화와 화학 평형 4개의 영역으로 구성된다. 물질의 구조 영역에서는 원자를 이루는 전자가 화학 결합과 물질의 성질에 미치는 영향을, 물질의 성질 영역에서는 물질의 기체, 액체, 고체, 용액의 다양한 성질을, 물질의 변화와 에너지 영역에서는 다양한 상태 함수와 산화·환원 반응을 바탕으로 한 화학 전지와 전기 분해를, 물질의 변화와 화학 평형 영역에서는 다양한 화학 평형을 이루는 화학 반응과 반응 속도론적 해석을 다룬다.

‘고급 화학’의 학습은 반도체, 전지, 의약품, 화장품 등 현대인의 삶과 공존하는 영역에서 활용된 화학적 원리를 이해하고, 지속가능한 사회와 문제해결을 위한 과학과 공학 기술 개발의 기초가 된다. 이는 향후 자신이 활동하는 전문 분야에서 합리적인 판단, 필요한 설계 수행 등에 활용될 수 있을 것이다. ‘고급 화학’에서는 다양한 탐구 중심의 학습을 통해 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도의 세 차원을 상호보완적으로 함양하여 영역별 핵심 아이디어에 도달할 수 있으며, 이를 바탕으로 첨단 과학기술이 요구하는 창의적 지식 생산과 더불어 변동성과 불확실성이 특징인 미래 사회에 대응할 수 있는 역량과 과학적 소양을 기를 수 있을 것이다.

## 나. 목표

물질 세계에 대하여 흥미와 호기심을 가지고, 화학의 핵심 개념에 대한 이해를 바탕으로 다양한 탐구와 문제해결 과제를 수행하여 화학과 관련된 다양한 문제를 창의적이고 자기 주도적으로 해결하는 과학적 소양과 역량을 기른다.

- (1) 자연 현상과 물질에 대한 흥미와 호기심을 바탕으로 화학 관련 일상생활 문제를 인식하고, 이를 과학적으로 해결하려는 태도를 기른다.
- (2) 화학의 탐구 방법을 활용하여 화학 관련 문제의 해결 방안을 탐색하고 과학적으로 탐구하는 능력을 기른다.
- (3) 물질 세계와 관련된 문제를 과학적으로 탐구하여 화학의 핵심 개념을 이해한다.
- (4) 과학과 기술 및 사회의 상호 관계를 이해하고 이를 바탕으로 개인과 사회의 문제를 해결하는 데 참여하고 실천하는 능력을 기른다.

## 2. 내용 체계 및 성취기준

### 가. 내용 체계

|         |               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |       |
|---------|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 핵심 아이디어 |               | <ul style="list-style-type: none"><li>전자의 위치는 확률함수로 표현하며 다양한 화학 결합과 물질의 특징을 설명하는 토대가 된다.</li><li>입자 간 상호 작용에 의해 물질의 상태와 특성이 나타내며, 이를 수학적 접근을 통해 예측한다.</li><li>열역학 함수는 물질의 상태 변화와 화학 반응을 이해하고 예측하는 데 활용된다.</li><li>깁스 자유 에너지의 변화는 다양한 화학 반응을 해석하고 예측하는 데 활용된다.</li><li>반응 속도는 온도, 농도, 촉매의 영향을 받고, 반응경로는 반응 차수에 영향을 미친다.</li></ul>            |       |
| 범주      |               | 구분                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 내용 요소 |
| 지식·이해   | 물질의 구조        | <ul style="list-style-type: none"><li>원자 오비탈 • 원소의 주기적 성질 • 화학 결합과 에너지</li><li>루이스 구조 • 형식 전하와 공명 • 원자가 결합 이론</li><li>혼성 오비탈과 분자 구조 • 탄화수소의 구조와 성질</li></ul>                                                                                                                                                                                |       |
|         | 물질의 성질        | <ul style="list-style-type: none"><li>기체 분자 운동론 • 이상 기체 방정식 • 부분 압력의 법칙</li><li>이상 기체와 실제 기체 • 분자 간 상호 작용 • 고체 결정의 종류</li><li>용액의 농도 • 용해도에 영향 주는 요인 • 묽은 용액의 총괄성</li></ul>                                                                                                                                                                 |       |
|         | 물질의 변화와 에너지   | <ul style="list-style-type: none"><li>엔탈피 • 헤스 법칙 • 엔트로피 • 깁스 자유 에너지</li><li>산화수와 산화·환원 반응식 • 표준 환원 전위와 화학 전지의 전위차</li><li>전위차와 깁스 자유 에너지 • 전기 분해의 양적 관계</li></ul>                                                                                                                                                                          |       |
|         | 물질의 변화와 화학 평형 | <ul style="list-style-type: none"><li>질량 작용 법칙과 평형 상수 • 깁스 자유 에너지와 화학 평형 • 상평형</li><li>용해도곱 상수 • 루이스 산 염기의 정의 • 산과 염기의 세기</li><li>중화 적정 • 완충 용액 • 반응 속도식 • 적분 속도식</li><li>반응 속도와 유효 충돌 • 반응 메커니즘 • 활성화 에너지와 촉매</li></ul>                                                                                                                    |       |
| 과정·기능   |               | <ul style="list-style-type: none"><li>물질 현상에서 문제를 찾아 정의하고, 가설을 설정하고 평가하기</li><li>변인을 조작적으로 정의하고, 탐구 설계하기</li><li>디지털 탐구 도구와 수학적 사고를 활용하여 정보를 수집·변환·해석하기</li><li>증거와 과학적 사고에 근거하여 자료를 분석·평가·추론하기</li><li>결론을 도출하고 물질 현상을 설명·예측하기</li><li>모형을 만들어 물질 현상을 해석하기</li><li>도출된 결론을 바탕으로 해결 방안에 대한 합리적 의사 결정하기</li><li>매체를 활용하여 의사소통·협업하기</li></ul> |       |
| 가치·태도   |               | <ul style="list-style-type: none"><li>과학의 심미적 가치</li><li>과학 유용성</li><li>자연과 과학에 대한 감수성</li><li>과학 창의성</li><li>과학 활동의 윤리성</li><li>과학 문제해결에 대한 개방성</li><li>안전·지속가능 사회에 기여</li><li>과학 문화 향유</li></ul>                                                                                                                                          |       |

## 나. 성취기준

### (1) 물질의 구조

- [12고화01-01] 오비탈은 전자의 에너지와 위치의 정보를 가진 함수임을 이해하고, 오비탈을 이용한 원자의 현대적 모형에 호기심을 갖는다.
- [12고화01-02] 전형 원소와 전이 원소에 속하는 원자의 바닥 상태의 전자 배치를 나타내고, 공통점과 차이점을 비교할 수 있다.
- [12고화01-03] 다양한 화학 결합의 원리를 이해하고, 입자 간 거리와 에너지 관계를 추론할 수 있다.
- [12고화01-04] 루이스 구조식을 이용하여 형식 전하와 공명 구조를 나타내고, 이를 이용하여 분자의 안정성을 비교하여 설명할 수 있다.
- [12고화01-05] 원자가 결합 이론과 혼성 오비탈의 정의를 이해하고, 혼성 오비탈로 설명할 수 있는 다양한 탄소 화합물 분자 구조를 탐색할 수 있다.
- [12고화01-06] 포화 및 불포화 탄화수소의 이성질체를 이해하고, 이성질체를 구조식으로 그려 비교할 수 있다.
- [12고화01-07] 탄화수소 유도체에서 다양한 작용기의 특징을 알고, 산 염기 반응, 산화·환원 반응과 연관 지을 수 있다.

#### (가) 성취기준 해설

- [12고화01-01] 파동 함수의 유도 과정보다는 파동 함수 그래프가 갖는 의미를 해석하는 활동을 중심으로 다룬다.
- [12고화01-05] 탄화수소를 기본 예시로 제시하고, 탄화수소가 다양한 탄화수소 유도체로 확장될 수 있음을 지도한다.

#### (나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군의 ‘물질의 구성’, 고등학교 ‘통합과학1’의 물질과 규칙성, ‘화학’의 물질의 구조와 성질과 연계된다.
- 루이스 구조식, 원자가 결합 이론, 혼성 오비탈 이론으로 발전된 역사를 소개하고 각 이론의 장점과 한계점을 제시하여 분자를 다양한 방식으로 해석하는 데 흥미를 가질 수 있도록 지도한다.

### (2) 물질의 성질

- [12고화02-01] 기체의 온도, 압력, 부피 사이의 관계를 기체 분자 운동론으로 이해하고, 온도에 따른 기체 분자의 속력 분포 변화를 예측할 수 있다.

- [12고화02-02] 이상 기체 방정식을 이해하고, 혼합 기체의 부분 압력과 몰 분율의 관계를 설명할 수 있다.
- [12고화02-03] 이상 기체와 실제 기체의 차이를 이해하고, 실제 기체의 성질이 이상 기체와 다른 원인을 탐색할 수 있다.
- [12고화02-04] 물질의 증기압, 끓는점, 표면 장력, 모세관 현상을 이해하고, 이를 다양한 분자 간 상호 작용으로 설명할 수 있다.
- [12고화02-05] 고체의 단위세포 개념을 이해하고, 결정성 고체의 다양한 단위세포를 비교하여 고체의 특성과 연관 지을 수 있다.
- [12고화02-06] 다양한 농도 단위를 이해하고, 용해도에 영향을 미치는 요인을 탐구할 수 있다.
- [12고화02-07] 묽은 용액에서 나타나는 총괄성의 정의를 이해하고, 증기압 내림, 끓는점 오름, 어는점 내림, 삼투현상을 이용한 예를 탐색할 수 있다.

#### (가) 성취기준 해설

- [12고화02-03] 이상 기체와 다른 실제 기체의 특징에 대한 흥미를 유발할 수 있도록 다양한 상태 방정식의 예시를 소개한다.
- [12고화02-04] 분자 간의 힘을 비교하는 수준으로 제시한다.
- [12고화02-05] 3D 모델링을 통해 다양한 결정성 고체의 구조를 그리거나 제작하고, 각 결정 구조의 단위세포 특징을 파악할 수 있도록 한다.

#### (나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군의 ‘물질의 상태 변화’, ‘기체의 성질’, ‘물질의 특성’, 고등학교 ‘물질과 에너지’의 물질의 세 가지 상태, 용액의 성질과 연계된다.
- 기체, 액체, 고체, 용액을 해석하는 수식을 유도하는 과정에서 다양한 가정을 설정함을 설명하고, 이상적인 상황에서 유도한 수식이 어떻게 실제 물질의 이해에 도움이 되는지 방정식이 지닌 확장성을 발견할 수 있도록 지도한다.

#### (3) 물질의 변화와 에너지

- [12고화03-01] 계의 내부 에너지 변화를 열과 일로 나타내고, 에너지 보존 법칙을 설명할 수 있다.
- [12고화03-02] 엔탈피의 정의를 이해하고 헤스 법칙을 활용하여 다양한 화학 반응의 반응 엔탈피를 예측할 수 있다.
- [12고화03-03] 엔트로피의 정의를 이해하고 화학 변화에서 엔트로피의 변화를 예측할 수 있다.
- [12고화03-04] 깁스 자유 에너지의 정의를 이해하고, 이를 활용하여 반응의 자발성을 예측할 수 있다.

- [12고화03-05] 산화·환원 반응에서 산화수 정의를 이해하고, 산화수 변화를 통해 산화·환원 반응식을 완성할 수 있다.
- [12고화03-06] 표준 환원 전위의 정의를 이해하고, 여러 가지 물질의 표준 환원 전위를 활용하여 화학 전지의 표준 전지 전위차를 구할 수 있다.
- [12고화03-07] 표준 전지 전위차와 깁스 자유 에너지 관계를 이해하고, 다양한 화학 전지에 호기심을 갖는다.
- [12고화03-08] 전기 분해의 원리를 산화·환원 반응으로 설명하고, 전기량과 생성물의 양적 관계를 활용하여 전기량 또는 생성물의 양을 예측할 수 있다.

#### (가) 성취기준 해설

- [12고화03-03] 열역학적 엔트로피 접근을 통해 화학 반응에서의 에너지 변화가 엔트로피 변화에 영향을 미침을 다룬다.
- [12고화03-07] 부피가 변하지 않을 때의 일과 연관된 깁스 자유 에너지 개념으로 전기화학 반응의 자발성을 다룬다.

#### (나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군의 ‘화학 반응의 규칙성’, 고등학교 ‘통합과학2’의 변화와 다양성, ‘물질과 에너지’의 화학 변화의 자발성, ‘화학 반응의 세계’의 산화·환원 반응과 연계된다.
- 다양한 상태 함수를 정의할 때 일정한 값으로 설정하는 요소를 비교하고, 이를 통해 화학 반응에서 내부 에너지의 변화량보다는 엔탈피 변화량을 유용하게 사용하는 이유를 논의할 수 있도록 지도한다.

#### (4) 물질의 변화와 화학 평형

- [12고화04-01] 질량 작용 법칙으로 평형 상수를 구하고, 반응 지수를 활용하여 반응의 진행 방향을 예측할 수 있다.
- [12고화04-02] 온도와 평형 상수와의 관계를 표준 깁스 자유 에너지 변화로 표현하고, 화학 평형의 이동에 영향을 미치는 요인을 설명할 수 있다.
- [12고화04-03] 상평형과 용해 평형에 영향을 미치는 요인을 탐색하고, 평형 상수를 활용하여 평형 상태를 표현할 수 있다.
- [12고화04-04] 루이스 산 염기 정의를 이해하고, 산 염기 평형을 이온화 상수로 표현할 수 있다.
- [12고화04-05] 약산과 약염기의 중화 반응 시 특징을 이해하고, pH를  $pK_a$  값으로부터 구할 수 있다.
- [12고화04-06] 다양한 산 염기 중화 적정 곡선을 이해하고, 완충 용액의 pH 변화를 관찰하여 완충 용액의 유용성을 인식할 수 있다.

- [12고화04-07] 화학 반응 속도에 영향을 미치는 요인을 이해하고, 아레니우스 식을 이용하여 반응 속도의 변화를 설명할 수 있다.
- [12고화04-08] 0, 1, 2차 반응의 적분 속도식을 이해하고, 이를 반응 속도 예측에 활용할 수 있다.
- [12고화04-09] 유효 충돌의 의미를 이해하고, 온도와 농도 변화 시 반응 속도의 변화를 충돌 이론으로 설명할 수 있다.
- [12고화04-10] 반응 메커니즘을 이해하고, 반응 속도 결정 단계가 전체 반응 속도에 미치는 영향을 탐구할 수 있다.
- [12고화04-11] 다양한 촉매의 정의를 이해하고, 촉매에 따른 활성화 에너지 변화 원인을 추론할 수 있다.

#### (가) 성취기준 해설

- [12고화04-05] 산의 이온화 상수( $K_a$ )로부터 유도되는 헨더슨-하셀바흐 식을 이용한 단순 계산은 지양하고, 중화 적정 곡선 등의 실험 자료를 해석하는 과정을 중심으로 다룬다.
- [12고화04-10] 사전 평형, 정류 상태 근사와 같은 확장된 화학 반응의 속도식보다는 실험실 수준에서 관찰 가능한 화학 반응의 속도식을 중심으로 다룬다.

#### (나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군의 ‘화학 반응의 규칙성’, 고등학교 ‘통합과학2’의 변화와 다양성, ‘화학’의 화학 평형, 역동적인 화학 반응, ‘물질과 에너지’의 반응 속도, ‘화학 반응의 세계’의 산 염기 평형과 연계된다.
- 가역 반응에서 화학 평형은 정반응과 역반응의 속도가 같아질 때 정의될 수 있으므로, 이를 이용하면 반응 속도식을 통해 화학 평형을 이해할 수 있음을 지도한다.

### 3. 교수·학습 및 평가

#### 가. 교수·학습

##### (1) 교수·학습의 방향

- (가) ‘고급 화학’ 관련 다양한 활동을 통해 ‘고급 화학’ 교육과정에서 제시한 목표를 달성하고, ‘고급 화학’ 관련 기초 소양 및 미래 사회에 필요한 역량을 함양하기 위한 교수·학습 계획을 수립하여 지도한다.

- (나) ‘고급 화학’ 교육과정의 내용 체계표에 제시된 핵심 개념인 지식·이해뿐만 아니라 과정·기능, 가치·태도를 균형 있게 발달시킬 수 있도록 지도한다.
- (다) 역량 함양을 위한 깊이 있는 학습이 이루어지도록 적절하고 다양한 일상생활 소재나 실험·실습의 기회를 학생들에게 제공하여 실제적인 맥락에서 문제를 해결하는 경험을 할 수 있도록 한다.
- (라) 학생의 발달과 성장을 지원할 수 있도록 학생의 능력 및 수준에 적합한 ‘고급 화학’ 과목의 교수·학습 계획을 수립하고, 학생이 능동적인 학습자로서 수업에 참여할 수 있도록 한다.
- (마) 디지털 교육 환경 변화에 따른 온·오프라인 연계 수업을 실시하고, 다양한 디지털 플랫폼과 기술 및 도구를 적극적으로 활용한다.

## (2) 교수·학습 방법

- (가) 학년이나 학기 초에 교과 협의회를 열어 교육과정-교수·학습-평가가 일관되게 이루어질 수 있도록 ‘고급 화학’ 과목의 교수·학습 계획을 수립한다.
- 교수·학습 계획 수립이나 학습 자료 개발 시 학교 여건, 지역 특성, 학습 내용의 특성과 난이도, 학생 수준, 자료의 준비 가능성 등을 고려하여 교육과정의 내용, 순서 등을 재구성할 수 있다.
  - 학생이 과제 연구, 과학관 견학과 같은 여러 가지 과학 활동에 참여할 수 있도록 계획한다.
  - 실험·실습에서 지속적인 관찰이 요구되는 내용을 지도할 때는 자료 준비, 관찰자, 관찰 내용에 관한 세부 계획을 미리 세운다.
  - 학생이 스스로 진로를 고려하여 과학 과목 이수 경로를 설계할 수 있도록 하고, 선택 과목 간 교육내용 연계 및 진로연계교육을 고려하여 지도계획을 수립한다.
  - 융합적 사고와 과학적 창의성을 계발하기 위해 내용 연계성을 고려하여 과목 내 영역이나 수학, 기술, 공학, 예술 등 다른 교과와 통합 및 연계하여 지도할 수 있도록 계획한다.
- (나) 강의, 실험, 토의·토론, 발표, 조사, 역할 놀이, 프로젝트, 과제 연구, 학교 밖 과학 활동 등 다양한 교수·학습 방법을 적절히 활용하고, 학생이 능동적으로 수업에 참여할 수 있도록 한다.
- 학생의 지적 호기심과 학습 동기를 유발할 수 있도록 발문하고, 개방형 질문을 적극적으로 활용한다.
  - 교사 중심의 실험보다 학생 중심의 탐구 활동을 설계하고, 동료들과의 협업을 통해 과제를 해

결하는 과정에서 상호 협력이 중요함을 인식하도록 지도한다.

- 탐구 수행 과정에서 자신의 의견을 명확히 표현하고 다른 사람의 의견을 존중하는 태도를 가지며, 과학적인 근거에 기초하여 의사소통하도록 지도한다.
- 모형을 사용할 때는 모형과 실제 자연 현상 사이에 차이가 있음을 이해할 수 있도록 한다.
- 과학 및 과학과 관련된 사회적 쟁점을 주제로 과학 글쓰기와 토론을 실시하여 과학적 사고력, 과학적 의사소통 능력 등을 함양할 수 있도록 지도한다.

(다) 학생의 디지털 소양 함양과 교수·학습 환경의 변화를 고려하여 교수·학습을 지원하는 다양한 디지털 탐구 도구 및 환경을 적극적으로 활용한다.

- ‘고급 화학’ 학습에 대한 학생의 이해를 돕고 흥미를 유발하며 구체적 조작 경험과 활동을 제공하기 위해 모형이나 시청각 자료, 가상 현실이나 증강 현실 자료, 소프트웨어, 컴퓨터 및 스마트 기기, 인터넷 등의 최신 정보통신기술과 기기 등을 실험과 탐구에 적절히 활용한다.
- 온라인 학습 지원 도구를 적극적으로 활용하여 대면 수업의 한계를 극복하고, 다양한 교수·학습 활동이 온라인 학습 환경에서도 이루어질 수 있도록 한다.
- 지능정보기술 등 첨단 과학기술 기반의 과학 교육이 이루어질 수 있도록 지능형 과학실을 활용한 탐구 실험·실습 중심의 교수·학습 활동 계획을 수립하여 실행한다.
- ‘고급 화학’ 관련 탐구 활동에서 다양한 센서나 기기 등 디지털 탐구 도구를 활용하여 실시간으로 자료를 측정하거나 공공기관에서 제공한 자료를 활용하여 자료를 수집하고 처리하는 기회를 제공한다.
- 학교 및 학생의 디지털 활용 수준 등을 고려하여 디지털 격차가 발생하지 않도록 유의한다.

(라) 학생의 ‘고급 화학’에 대한 흥미, 즐거움, 자신감 등 정의적 영역에 관한 성취를 높이고 ‘고급 화학’ 관련 진로를 탐색할 수 있는 교수·학습 방안을 강구한다.

- 과학 지식의 잠정성, 과학적 방법의 다양성, 과학 윤리, 과학·기술·사회의 상호 관련성, 과학적 모델의 특성, 과학의 본성과 관련된 내용을 적절한 소재를 활용하여 지도한다.
- 학습 내용과 관련된 첨단 과학기술을 다양한 형태의 자료로 제시함으로써 현대 생활에서 첨단 과학이 갖는 가치와 잠재력을 인식하도록 지도한다.
- 과학자 이야기, 과학사, 시사성 있는 과학 내용 등을 도입하여 과학에 대한 호기심과 흥미를 유발한다.
- 학교의 지역적 특성을 고려하여 지역의 자연 환경, 지역 명소, 박물관, 과학관 등 지역별 과학 교육 자원을 적극적으로 활용한다.
- ‘고급 화학’ 관련 직업이나 다양한 활용 사례를 통해 학습과 진로에 대한 동기를 부여한다.

- (마) 학생이 ‘고급 화학’ 교육과정에 제시된 탐구 및 실험·실습 활동을 안전하게 진행할 수 있는 환경을 조성한다.
- 실험 기구의 사용 방법과 실험 약품에 대한 물질안전보건자료를 안내하고, 실험실 안전 교육을 실시한다.
  - 실험 과정에서 발생하는 폐기물은 적법한 절차에 따라 처리하여 환경을 오염시키지 않도록 유의한다.
  - 야외 탐구 활동 및 현장 학습 시에는 사전 답사를 실시하거나 관련 자료를 조사하여 안전한 활동을 실행한다.
- (바) 범교과 학습, 생태전환교육, 디지털·인공지능 기초 소양 함양과 관련한 교육내용 중 해당 주제와 연계하여 지도할 수 있는 내용을 선정하여 함께 학습할 수 있도록 지도한다.
- (사) 학습 부진 학생, 특정 분야에서 탁월한 재능을 보이는 학생, 특수교육 대상 학생 등 모두를 위한 교육을 위해 학습자가 지닌 교육적 요구에 적합한 교수·학습 계획을 수립하여 지도한다.
- 학생의 능력과 흥미 등 개인차를 고려하여 학습 내용과 실험·실습 활동 등을 수정하거나 대체 활동을 마련하여 제공할 수 있다.
  - 특수교육 대상 학생의 학습 참여도를 높이기 위해 학습자의 장애 및 발달 특성을 고려하여 교과 내용이나 실험·실습 활동을 보다 자세히 안내하거나 학생이 이해할 수 있도록 적합한 대안을 제시할 수 있다.
- (아) 교육과정에서 제시된 성취기준에 학생이 도달할 수 있도록 하고, 최소 성취수준 보장을 위한 교수·학습 계획을 수립한다.
- 교수·학습 과정에서 학생의 성취 정도를 수시로 파악함으로써 교육과정 성취기준 도달 정도를 점검한다.
  - 교육과정 성취기준에 도달하지 못하는 학생을 위해서 별도의 학습 자료를 제공하는 등 최소 성취수준을 보장하도록 지도한다.

## 나. 평가

### (1) 평가의 방향

- (가) ‘고급 화학’에서의 평가는 교육과정 성취기준에 근거하여 실시하되, 평가 결과에 대한 환류를 통해 학생의 학습과 성장을 도울 수 있도록 계획하여 실시한다.

- (나) ‘고급 화학’ 교육과정상의 내용 체계와의 관련성을 고려하여 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 균형 있게 평가하되, 지식·이해 중심의 평가를 지양한다.
- (다) 학습 부진 학생, 특정 분야에서 탁월한 재능을 보이는 학생, 특수교육 대상 학생 등의 경우 적절한 평가 방법을 제공하여 교육적 요구에 맞는 평가가 이루어질 수 있도록 한다.
- (라) ‘고급 화학’ 학습 내용을 평가할 때, 온라인 학습 지원 도구 등 디지털 교육 환경을 활용한 평가 방안이나 평가 도구를 적극적으로 활용한다.

## (2) 평가 방법

- (가) ‘고급 화학’ 과목의 평가는 평가 계획 수립, 평가 문항과 도구 개발, 평가의 시행, 평가 결과의 처리, 평가 결과의 활용 등의 절차를 거쳐 실시한다.
- (나) 교수·학습 계획을 수립할 때, ‘고급 화학’ 교육과정 성취기준을 고려하여 평가의 시기나 방법을 포함한 평가 계획을 함께 수립한다.
  - 교수·학습과 평가를 유기적으로 연결하여, 학습 결과에 대한 평가뿐만 아니라 평가 과정이 학생 자신의 학습 과정이나 결과를 성찰할 기회가 되도록 한다.
  - 평가의 시기와 목적에 맞게 진단 평가, 형성 평가, 총괄 평가 등을 계획하여 실시한다.
  - 평가는 교수·학습의 목표와 성취기준에 근거하여 실시하고, 그 결과를 후속 학습 지도 계획 수립과 지도 방법 개선, 진로 지도 등에 활용한다.
  - 평가 결과를 바탕으로 학생 개별 맞춤형 환류를 제공하여 학생 스스로 평가 결과를 해석하고 학습 계획을 세울 수 있도록 한다.
- (다) 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 고르게 평가함으로써 ‘고급 화학’의 교수·학습 목표 도달 여부를 종합적으로 파악할 수 있도록 한다. 또한, 학습의 결과뿐만 아니라 학습의 과정도 함께 평가한다.
  - ‘고급 화학’의 핵심 개념을 이해하고 적용하는 능력을 평가한다.
  - ‘고급 화학’의 과학적 탐구에 필요한 문제 인식, 탐구 설계 및 수행, 자료 수집분석 및 해석, 결론 도출 및 일반화, 의사소통과 협업 등과 관련된 과정·기능을 평가한다.
  - ‘고급 화학’에 대한 흥미와 가치 인식, 학습 참여의 적극성, 협동성, 과학적으로 문제를 해결하는 태도, 창의성 등을 평가한다.
- (라) ‘고급 화학’을 평가할 때는 학생의 학습 과정과 결과를 평가하기 위해 지필평가(선택형, 서술형, 논술형 등), 관찰, 실험·실습, 보고서, 면담, 구술, 포트폴리오, 자기 평가, 동료 평가 등의 다양한 방법을 활용한다.

- 성취기준에 근거하여 평가 요소에 적합한 평가 상황을 설정하고, 타당한 평가 방법을 선정한다.
- 타당도와 신뢰도가 높은 평가를 위하여 가능하면 공동으로 평가 도구를 개발하여 활용한다.
- 평가 도구를 개발할 때는 창의 융합적 문제해결력 및 인성과 감성 함양에 도움이 되는 소재나 상황들을 적극적으로 발굴하여 활용한다.
- 평가 요소에 따라 개별 평가와 모둠 평가를 실시하고, 자기 평가와 동료 평가도 활용할 수 있다.
- 디지털 교수·학습 환경을 고려하여 온라인 학습 지원 도구 등을 활용할 수 있다.

(마) 학생들의 ‘고급 화학’ 교육과정 성취기준에 대한 도달 정도를 파악하기 위해 형성 평가를 실시하고, 그 결과를 바탕으로 최소 성취수준 보장을 위한 맞춤형 교수·학습 활동을 실시한다.

- 다양한 평가 도구를 활용하여 ‘고급 화학’ 교육과정에 근거한 최소 성취수준에 도달할 수 없는 학생을 사전에 파악함으로써 최소 성취수준 보장을 위한 조치를 취한다.
- 평가 결과를 학생의 ‘고급 화학’ 학습 성취수준에 대한 진단과 더불어 학생 맞춤형 보정 계획과 연계하도록 한다.

# 고급 생명과학

## 1. 성격 및 목표

### 가. 성격

‘고급 생명과학’은 과학계열 고등학교 학생이나 일반계 고등학교에서 과학 과목 중점으로 교육 과정을 이수하는 학생들이 심화된 수준의 생명과학의 학문적 체계와 내용을 학습하기 위한 과목이다. ‘고급 생명과학’은 보다 전문적인 생명과학 개념을 이해하며, 생명과학의 주제에 대해 과학적으로 탐구하는 능력과 태도를 함양하여 생명과학 및 관련 분야의 전공과목 이수에 필요한 기본 소양을 기르는 데 중점을 둔다.

‘고급 생명과학’은 고등학교 일반선택 과목 ‘생명과학’과 진로 선택 과목 ‘세포와 물질대사’, ‘생물의 유전’, 융합 선택 과목 ‘기후변화와 환경생태’, ‘융합과학 탐구’, 과학계열 융합 선택 과목 ‘생명과학 실험’과 긴밀하게 연계되어 있다.

‘고급 생명과학’은 생명과학 분야의 지식과 실천을 연계하여 미래 사회를 살아가기 위한 역량을 함양하기 위해 생명과학을 관통하는 심화 개념을 바탕으로 생물의 구조와 에너지, 생물의 조절과 방어, 생명의 연속성, 생명공학기술과 미래 4개의 영역으로 구성된다. ‘고급 생명과학’의 생물의 구조와 에너지 영역은 세포를 이루는 구성 분자, 광합성, 세포호흡을 다루고, 생물의 조절과 방어 영역은 신경과 호르몬에 의한 항상성 조절, 면역을 다루며, 생명의 연속성 영역은 DNA의 복제 과정, 유전자의 전사와 번역, 유전자의 발현 조절 원리, 유전자의 발현과 발생을 다루고, 생명공학기술과 미래 영역은 생명공학기술의 원리, 생명공학기술의 발달과 전망을 다룬다.

미래 사회는 첨단 과학기술을 기반으로 혁신적인 융복합 영역이 창출되는 사회로, 과학적 문제 해결력과 창의성을 발휘하는 전문가 집단과 과학적 소양을 갖춘 시민이 함께 이끄는 사회이다. ‘고급 생명과학’에서는 생명과학 학문적 체계 및 내용 학습을 통해 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도의 세 차원을 상호보완적으로 배양함으로써 영역별 핵심 아이디어에 도달하고, 행위 주체로서 갖추어야 할 과학적 소양을 기를 수 있을 것이다.

## 나. 목표

생명과학 분야의 학문 체계와 핵심 개념을 이해하고, 생명과학 탐구를 바탕으로 학문적 흥미와 호기심을 가지고 바른 자연관과 생명관을 기른다. 또한, 생명과학 탐구 능력을 함양하고 자연과 일상생활에서 생명과학 관련 문제를 해결하는 과정에서 이공계열 분야의 진로를 선택할 때 필요한 생명과학의 학문적 역량을 기른다.

- (1) 생명 현상에 대한 흥미와 호기심을 바탕으로, 생명과학 관련 일상생활 문제를 인식하고, 이를 과학적으로 해결하려는 태도를 기른다.
- (2) 생명과학의 탐구 방법을 이해하고 일상생활의 문제를 과학적으로 탐구하는 능력을 기른다.
- (3) 생명 현상을 과학적으로 탐구하여 생명과학의 학문 체계와 핵심 개념을 이해한다.
- (4) 과학과 기술 및 사회의 상호 관계를 이해하고 이를 바탕으로 개인과 사회의 문제해결에 민주시민으로서 참여하고 실천하는 능력을 기른다.

## 2. 내용 체계 및 성취기준

### 가. 내용 체계

|         |             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |       |
|---------|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 핵심 아이디어 |             | <ul style="list-style-type: none"><li>• 생물은 생명 활동 유지를 위해 끊임없이 에너지와 물질을 필요로 한다.</li><li>• 우리 몸은 신경계와 내분비계의 작용으로 항상성을 유지하며, 면역계의 작용을 통해 병원체로부터 방어한다.</li><li>• 유전 정보는 생명의 연속성을 제공하며, DNA를 통해 부모에서 자식에게로 전달된다.</li><li>• 다세포 생명체는 선택적 유전자 발현을 통해 수정란으로부터 다양한 종류의 세포로 분화한다.</li><li>• 생명공학기술은 보건, 의료, 식량 등 다양한 분야에서 인류 삶의 질 향상에 기여한다.</li></ul> |       |
| 범주      |             | 구분                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 내용 요소 |
| 지식·이해   | 생물의 구조와 에너지 | <ul style="list-style-type: none"><li>• 생명체의 구성 분자</li><li>• 비순환적 광인산화와 순환적 광인산화</li><li>• 다른 자리 입체성 효소</li><li>• 광호흡과 C3, C4, CAM 식물</li><li>• ATP 합성 과정</li></ul>                                                                                                                                                                         |       |
|         | 생물의 조절과 방어  | <ul style="list-style-type: none"><li>• 신경과 호르몬에 의한 조절</li><li>• 흥분성, 억제성 시냅스</li><li>• 림프구의 종류와 면역 반응</li><li>• 구조·기능적 복합체</li></ul>                                                                                                                                                                                                       |       |
|         | 생명의 연속성     | <ul style="list-style-type: none"><li>• DNA 교정과 수선</li><li>• 전사 인자와 RNA 가공</li><li>• 오페론</li><li>• 호메오 유전자</li></ul>                                                                                                                                                                                                                        |       |
|         | 생명공학기술과 미래  | <ul style="list-style-type: none"><li>• 생명공학기술의 원리</li><li>• 생명공학기술의 발달과 전망</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                       |       |
| 과정·기능   |             | <ul style="list-style-type: none"><li>• 생물 특징과 생명 활동 관계 추론하기</li><li>• 생명 현상에서 문제 발견 및 가설 설정하기</li><li>• 생명과학 탐구 설계, 수행 및 조사하기</li><li>• 생명과학적 근거를 기반으로 자료 해석, 분석 및 결론 도출하기</li><li>• 모형 생성하여 생명 현상 설명하기</li><li>• 다양한 매체를 활용하여 협력적 소통하기</li></ul>                                                                                          |       |
| 가치·태도   |             | <ul style="list-style-type: none"><li>• 과학의 심미적 가치</li><li>• 과학 유용성</li><li>• 자연과 과학에 대한 감수성</li><li>• 과학 창의성</li><li>• 과학 활동의 윤리성</li><li>• 과학 문제 해결에 대한 개방성</li><li>• 안전·지속가능 사회에 기여</li><li>• 과학 문화 향유</li></ul>                                                                                                                         |       |

## 나. 성취기준

### (1) 생물의 구조와 에너지

- [12고생01-01] 세포를 구성하는 탄소 화합물의 종류와 구조를 이해하고 탄수화물, 지질, 단백질, 핵산의 기능을 나타내는 분자 구조 모형을 생성하고 설명할 수 있다.
- [12고생01-02] 비순환적 광인산화와 순환적 광인산화의 차이를 이해하고, 순환적 광인산화 과정의 의미를 생명과학적 근거를 기반으로 추론할 수 있다.
- [12고생01-03] 광합성을 통한 포도당 합성에서 중간 산물의 생성과 변화 과정을 밝힌 탐구 자료를 분석하여 캘빈회로를 해석할 수 있다.
- [12고생01-04] 광호흡과 환경에 대한 적응의 측면에서 C3, C4, CAM 식물의 차이에 관해 다양한 매체를 활용하여 협력적으로 소통할 수 있다.
- [12고생01-05] 해당과정과 TCA 회로에서 중간 산물의 생성과 변화 과정을 이해하고 해당과정의 속도 조절에 관여하는 주요 효소의 특징을 설명할 수 있다.
- [12고생01-06] 산화적 인산화에서 ATP 합성효소의 ATP 합성 과정에 관한 탐구 자료를 해석할 수 있다.

#### (가) 성취기준 해설

- [12고생01-01] 탄소 화합물과 이성질체, 단위체 간 결합 명칭 등 분자 구조를 바탕으로 세포를 구성하는 탄소 화합물을 설명한다. 포도당의 이성질체로 구조 이성질체, 거울상 이성질체, 에피머를 설명하도록 하고, 막의 안정성과 관련하여 인지질에서 보이는 기하 이성질체를 설명할 수 있도록 한다.
- [12고생01-04] 광호흡의 의미와 광호흡이 일어나는 이유를 Rubisco의 특성과 관련지어 설명하고, C3 식물과 비교하여 C4 식물과 CAM 식물이 가지고 있는 광호흡 억제 기작을 설명할 수 있도록 한다.
- [12고생01-05] 해당과정과 TCA 회로가 다양한 물질대사경로들과 연결되어 있으며 해당과정의 속도 조절에 관여하는 주요 효소가 다른 자리 입체성 조절을 통해 세포호흡의 속도를 조절함을 설명할 수 있도록 한다.

#### (나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3 학년군의 ‘식물과 에너지’, 고등학교 ‘생명과학’의 생명 시스템의 구성, ‘세포와 물질대사’의 물질대사와 에너지와 연계된다.
- C3, C4, CAM 식물의 구체적인 사례와 생육 환경에 대한 정보를 함께 제공하여 각 식물들이 진화적으로 환경에 어떻게 적응하였는지 이해하는 과정에서 지식정보처리 능력을 함양하게

나 C4와 CAM 식물의 효율적 시스템을 C3 식물에 적용할 수 있다면 어떤 장점이 있을지 아이디어를 제시하는 과정에서 창의적 문제해결 능력을 함양하도록 지도한다.

- 세포호흡과 광합성의 전자 전달계와 화학 삼투를 비교하여 공통점과 차이점을 실험 자료 해석을 통해 설명하는 과정에서 지식정보처리와 협력적 소통 능력을 함양하도록 지도한다.

## (2) 생물의 조절과 방어

- [12고생02-01] 생물의 세포 간 신호 전달 방식을 이해하고 모형을 제작하여 설명할 수 있다.
- [12고생02-02] 사람 호르몬의 종류와 기능을 알고 수용성 호르몬과 지용성 호르몬의 작용 경로를 막의 투과성과 연계하여 추론할 수 있다.
- [12고생02-03] 신경 세포의 막전위 변화를 이온의 이동을 중심으로 이해하고 활동 전위의 전도 이상으로 생기는 질환을 조사하여 다양한 매체를 활용하여 협력적으로 소통할 수 있다.
- [12고생02-04] 시냅스 전달의 과정을 이해하고, 시냅스후 전위의 합에 대한 자료 해석과 분석을 통해 시냅스후 전위의 생성에 관한 결론을 도출할 수 있다.
- [12고생02-05] 면역에 관여하는 요소와 세포의 기능을 바탕으로 선천적 면역과 후천적 면역에 관한 차이를 추론할 수 있다.
- [12고생02-06] 림프구의 종류와 기능, 발달 과정을 이해하고 체액성 면역과 세포성 면역 과정을 모형으로 제작하여 설명할 수 있다.

## (가) 성취기준 해설

- [12고생02-01] 세포 간 신호 전달의 필요성을 항상성과 연계하여 이해하고, 신호 전달의 종류와 특징을 설명할 수 있도록 한다.
- [12고생02-02] 수용성 호르몬과 지용성 호르몬의 종류를 조사하고, 에피네프린과 에스트로젠을 사례로 작용 경로를 설명할 수 있도록 한다.
- [12고생02-03] 전도 과정에서 절대적 불응기와 상대적 불응기의 개념과 필요성을 이해하고, 활동 전위의 전도 이상시 발생할 수 있는 질환은 말미집 형성의 이상이나 손상으로 발생하는 질병을 사례로 설명할 수 있도록 한다.
- [12고생02-04] 시냅스 전달 과정에서 흥분성 시냅스후 전위, 억제성 시냅스후 전위, 시간 합, 공간 합의 개념을 설명할 수 있도록 한다.
- [12고생02-05] 면역 반응의 특성에 따라 선천적 면역과 후천적 면역을 구분하지만 병원체로부터 인체를 효과적으로 보호하기 위해 두 면역 반응이 함께 연계되어 작용해야 함을 이해할 수 있도록 지도한다. 면역에 관여하는 요소로 사이토카인, 히스타민, 항체, 보체, 라이소자임을 다루며, 백혈구의 종류와 기능을 함께 이해할 수 있도록 지도한다.
- [12고생02-06] B림프구의 항체 매개성 면역과 클론 선택, 유전자 조각의 재배열에 의한 다

양한 항체 레퍼토리 생성, T림프구의 세포 매개성 면역과 주조직적합성 복합체, 자가 항원에 관한 관용을 함께 이해할 수 있도록 지도한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군의 '자극과 반응', 고등학교 '통합과학 2'의 과학과 미래 사회, '생명과학'의 항상성과 몸의 조절과 연계된다.
- 우리 몸 조절 이상과 면역 관련 질환을 지속적으로 추적하고 관찰하여 빅데이터를 모으는 것은 해당 질환 치료의 밑거름이 될 수 있음을 지도하여 디지털·인공지능 소양을 함양하도록 한다.

(3) 생명의 연속성

- [12고생03-01] DNA 복제 과정의 교정과 손상된 DNA의 수선 과정을 이해하고 다양한 매체를 활용하여 협력적으로 소통할 수 있다.
- [12고생03-02] 생명체의 전사 과정에 다양한 요소들이 작용함을 이해하고, 전사 과정에서 진핵생물과 원핵생물의 공통점과 차이점을 설명할 수 있다.
- [12고생03-03] 유전 암호를 실험적으로 증명하는 과정과 결과를 조사하고 해석하여 유전 암호표를 논리적으로 추론할 수 있다.
- [12고생03-04] 유전자 발현 조절 과정에서 원핵세포와 진핵세포의 차이를 설명할 수 있다.
- [12고생03-05] 발생에 관여하는 유전자들이 진화적으로 연관되어 있음을 추론할 수 있다.

(가) 성취기준 해설

- [12고생03-01~04] DNA의 복제 과정과 유전자의 발현 과정을 이해하고 원핵생물과 진핵생물의 유전자 발현 과정의 차이점을 설명할 수 있도록 한다.
- [12고생03-01] DNA 복제 시 교정과 손상된 DNA의 뉴클레오타이드 절제 수선 과정에서 어떠한 요소(주형, 중합효소, 연결효소 등)들이 필요한지를 학습하도록 하되, 다양한 DNA 수선 과정의 종류와 구체적인 방법에 대해서는 다루지 않는다.
- [12고생03-04] 원핵생물에서 유전자 발현 조절은 lac 오페론과 trp 오페론의 공통점과 차이점을 중심으로 이해하고, 진핵생물에서 유전자 발현 조절은 염색질 리모델링, 히스톤 코드, RNA 간섭 현상 등을 예시로 설명할 수 있도록 한다.
- [12고생03-05] 초파리 발생 과정에서 호메오 유전자의 역할을 이해하고, 다양한 생명체에서 발생 과정이 진화적으로 연관되어 있음을 호메오 유전자를 예로 학습하도록 지도한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군의 '생식과 유전', 고등학교 '통합과학 1'의 시스템과 상호 작용, '생명과학'의 생명의 연속성과 다양성, '생물의 유전'의 유전자와 유전물질, 유전자의 발현과 연계된다.

- 호메오 유전자의 순차적인 발현을 통해서 초파리 배아에서의 형태형성 과정을 통합적으로 이해하고, 이러한 발생의 과정이 고등 생물에서도 나타남을 통해 진화적으로 서로 관련이 있음을 학습하도록 지도한다.
- 원핵생물과 진핵생물이 유전자의 복제와 발현에서 보이는 차이를 실생활에서 어떻게 활용하고 있는지, 혹은 어떻게 활용할 수 있는지를 논의하여 생명과학에 관한 흥미와 호기심을 끌어내고 창의적 문제해결 능력을 함양하도록 지도한다.

#### (4) 생명공학기술과 미래

- [12고생04-01] 세포와 조직을 배양하는 세포 공학 기술의 활용 사례를 조사하여 특징과 원리를 다양한 매체를 활용하여 협력적으로 소통할 수 있다.
- [12고생04-02] 유전공학 기술에 활용되는 유전자 재조합 기술을 조사하고 재조합 과정과 원리를 설명하는 모형을 제작하여 설명할 수 있다.
- [12고생04-03] 다양한 분야에서 활용되는 생명공학기술의 유용성을 이해하고 생명공학기술 관련 다양한 학문 분야를 조사하여 발표할 수 있다.
- [12고생04-04] 생명공학기술의 발달로 초래될 수 있는 윤리적, 사회적 문제점을 제시하고 이에 대한 자신의 견해를 근거를 들어 주장할 수 있다.

#### (가) 성취기준 해설

- [12고생04-01] 핵이식, 줄기세포, 세포 융합과 같은 세포 공학 기술을 사례로 들어 각 기술의 특징과 원리를 이해하고 설명할 수 있도록 한다.
- [12고생04-03~04] 유전체 분석 자료를 통한 단백질학, 생물정보학, 시스템생물학 등 최신 학문의 연구 방법을 이해하고 생명공학 발달에 따라 발생할 수 있는 사회적, 윤리적 문제를 합리적으로 해결하는 방법에 대해 토의하도록 한다.

#### (나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 고등학교 ‘생명과학’의 생명 시스템의 구성, ‘생물의 유전’의 생명공학기술과 연계된다.
- 재조합 유전자를 만드는 전체적인 과정과 각 단계에 이용되는 물질, 기술 등을 통합적으로 이해할 수 있도록 한다. 또한 염색체 혹은 유전자를 인위적으로 조작하는 방법으로 형질전환 기술, 유전자 편집 기술 등의 사례를 소개하고, 이러한 기술을 유전학 및 생명공학 연구에서 어떻게 활용할 수 있는지를 학습하도록 지도한다.
- 다양한 생명공학기술들이 현재 생명과학 및 의료를 포함한 산업 분야에서 어떻게 활용되고 있는지를 함께 학습할 수 있도록 하여 생명과학에 관한 흥미와 호기심을 끌어내도록 지도한다.

### 3. 교수·학습 및 평가

#### 가. 교수·학습

##### (1) 교수·학습의 방향

- (가) ‘고급 생명과학’ 관련 다양한 활동을 통해 ‘고급 생명과학’ 교육과정에서 제시한 목표를 달성하고, ‘고급 생명과학’ 관련 전문 소양 및 미래 사회에 필요한 역량을 함양하기 위한 교수·학습 계획을 수립하여 지도한다.
- (나) ‘고급 생명과학’ 교육과정의 내용 체계표에 제시된 핵심 개념인 지식·이해뿐만 아니라 과정·기능, 가치·태도를 균형 있게 발달시킬 수 있도록 지도한다.
- (다) 역량 함양을 위한 깊이 있는 학습이 이루어지도록 적절하고 다양한 일상생활 소재나 실험·실습의 기회를 학생들에게 제공하여 실제적인 맥락에서 문제를 해결하는 경험을 할 수 있도록 한다.
- (라) 학생의 발달과 성장을 지원할 수 있도록 학생의 능력 및 수준에 적합한 ‘고급 생명과학’ 과목의 교수·학습 계획을 수립하고, 학생이 능동적인 학습자로서 수업에 참여할 수 있도록 한다.
- (마) 디지털 교육 환경 변화에 따른 온·오프라인 연계 수업을 실시하고, 다양한 디지털 플랫폼과 기술 및 도구를 적극적으로 활용한다.

##### (2) 교수·학습 방법

- (가) 학년이나 학기 초에 교과 협의회를 열어 교육과정-교수·학습-평가가 일관되게 이루어질 수 있도록 ‘고급 생명과학’ 과목의 교수·학습 계획을 수립한다.
  - 교수·학습 계획 수립이나 학습 자료 개발 시 학교 여건, 지역 특성, 학습 내용의 특성과 난이도, 학생 수준, 자료의 준비 가능성 등을 고려하여 교육과정의 내용, 순서 등을 재구성할 수 있다.
  - 학생이 과제 연구, 과학관 견학과 같은 여러 가지 과학 활동에 참여할 수 있도록 계획한다.
  - 실험·실습에서 지속적인 관찰이 요구되는 내용을 지도할 때는 자료 준비, 관찰자, 관찰 내용 등에 관한 세부 계획을 미리 세운다.
  - 학생이 스스로 진로를 고려하여 과학 과목 이수 경로를 설계할 수 있도록 하고, 선택 과목 간

교육내용 연계 및 진로연계교육을 고려하여 지도계획을 수립한다.

- 융합적 사고와 과학적 창의성을 계발하기 위해 내용 연계성을 고려하여 과목 내 영역이나 수학, 기술, 공학, 예술 등 다른 교과와 통합 및 연계하여 지도할 수 있도록 계획한다.

(나) 강의, 실험, 토의·토론, 발표, 조사, 역할 놀이, 프로젝트, 과제 연구, 야외 조사, 과학관 견학과 같은 학교 밖 과학 활동 등 다양한 교수·학습 방법을 적절히 활용하고, 학생이 능동적으로 수업에 참여할 수 있도록 한다.

- 학생의 지적 호기심과 학습 동기를 유발할 수 있도록 발문하고, 개방형 질문을 적극적으로 활용한다.
- 교사 중심의 실험보다 학생 중심의 탐구 활동을 설계하고, 동료들과의 협업을 통해 과제를 해결하는 과정에서 상호 협력이 중요함을 인식하도록 지도한다.
- 탐구 수행 과정에서 자신의 의견을 명확히 표현하고 다른 사람의 의견을 존중하는 태도를 가지며, 과학적인 근거에 기초하여 의사소통하도록 지도한다.
- 모형을 사용할 때는 모형과 실제 자연 현상 사이에 차이가 있음을 이해할 수 있도록 한다.
- 과학 및 과학과 관련된 사회적 쟁점을 주제로 과학 글쓰기와 토론을 실시하여 과학적 사고력, 과학적 의사소통 능력 등을 함양할 수 있도록 지도한다.

(다) 학생의 디지털 소양 함양과 교수·학습 환경의 변화를 고려하여 교수·학습을 지원하는 다양한 디지털 기기 및 환경을 적극적으로 활용한다.

- ‘고급 생명과학’ 학습에 대한 학생의 이해를 돕고 흥미를 유발하며 구체적 조작 경험과 활동을 제공하기 위해 모형이나 시청각 자료, 가상 현실이나 증강 현실 자료, 소프트웨어, 컴퓨터 및 스마트 기기, 인터넷 등의 최신 정보통신기술과 기기 등을 실험과 탐구에 적절히 활용한다.
- 온라인 학습 지원 도구를 적극적으로 활용하여 대면 수업의 한계를 극복하고, 다양한 교수·학습 활동이 온라인 학습 환경에서도 이루어질 수 있도록 한다.
- 지능정보기술 등 첨단 과학기술 기반의 과학 교육이 이루어질 수 있도록 지능형 과학실을 활용한 탐구 실험·실습 중심의 교수·학습 활동 계획을 수립하여 실행한다.
- ‘고급 생명과학’ 관련 탐구 활동에서 다양한 센서나 기기 등 디지털 탐구 도구를 활용하여 실시간으로 자료를 측정하거나 한국생명공학연구원 등 공공기관에서 제공한 자료를 활용하여 자료를 수집하고 처리하는 기회를 제공한다.
- 학교 및 학생의 디지털 활용 수준 등을 고려하여 디지털 격차가 발생하지 않도록 유의한다.

(라) 학생의 ‘고급 생명과학’에 대한 흥미, 즐거움, 자신감 등 정의적 영역에 관한 성취를 높이고 ‘고급 생명과학’ 관련 진로를 탐색할 수 있는 교수·학습 방안을 강구한다.

- 과학 지식의 잠정성, 과학적 방법의 다양성, 과학 윤리, 과학·기술·사회의 상호 관련성, 과학적 모델의 특성, 과학의 본성과 관련된 내용을 적절한 소재를 활용하여 지도한다.
  - 학습 내용과 관련된 첨단 과학기술을 다양한 형태의 자료로 제시함으로써 현대 생활에서 첨단 과학이 갖는 가치와 잠재력을 인식하도록 지도한다.
  - 생명과학자 이야기, 생명과학사, 시사성 있는 최신 생명과학 내용 등을 도입하여 과학에 대한 호기심과 흥미를 유발한다.
  - 학교의 지역적 특성을 고려하여 지역의 자연 환경, 지역 명소, 박물관, 과학관 등 지역별 과학 교육 자원을 적극적으로 활용한다.
  - ‘고급 생명과학’ 관련 직업이나 다양한 활용 사례를 통해 학습과 진로에 대한 동기를 부여한다.
- (마) 학생이 ‘고급 생명과학’ 교육과정에 제시된 탐구 및 실험·실습 활동을 안전하게 진행할 수 있는 환경을 조성한다.
- 실험 기구의 사용 방법, 화학 약품을 다룰 때 주의할 점과 안전 사항을 사전에 지도하여 사고가 발생하지 않도록 유의한다.
  - 야외 탐구 활동 및 현장 학습 시에는 사전 답사를 하거나 관련 자료를 조사하여 안전한 활동을 실행한다.
  - 실험 기구나 재료는 수업 이전에 충분히 준비하되, 실험 후 발생하는 폐기물은 적절한 절차에 따라 처리하여 환경을 오염시키지 않도록 유의한다.
  - 생물을 다룰 때는 생명을 아끼고 존중하는 태도를 가질 수 있도록 지도한다.
- (바) 범교과 학습, 생태전환교육, 디지털·인공지능 기초 소양 함양과 관련한 교육내용 중 해당 주제와 연계하여 지도할 수 있는 내용을 선정하여 함께 학습할 수 있도록 지도한다.
- (사) 학습 부진 학생, 특정 분야에서 탁월한 재능을 보이는 학생, 특수교육 대상 학생 등 모두를 위한 교육을 위해 학습자가 지닌 교육적 요구에 적합한 교수·학습 계획을 수립하여 지도한다.
- 학생의 능력과 흥미 등 개인차를 고려하여 학습 내용과 실험·실습 활동 등을 수정하거나 대체 활동을 마련하여 제공할 수 있다.
  - 특수교육 대상 학생의 학습 참여도를 높이기 위해 학습자의 장애 및 발달 특성을 고려하여 교과 내용이나 실험·실습 활동을 보다 자세히 안내하거나 학생이 이해할 수 있도록 적합한 대안을 제시할 수 있다.
- (아) 교육과정에서 제시된 성취기준에 학생이 도달할 수 있도록 하고, 최소 성취수준 보장을 위한 교수·학습 계획을 수립한다.

- 교수·학습 과정에서 학생의 성취 정도를 수시로 파악함으로써 교육과정 성취기준 도달 정도를 점검한다.
- 교육과정 성취기준에 도달하지 못하는 학생을 위해서 별도의 학습 자료를 제공하는 등 최소 성취수준에 도달할 수 있도록 지도한다.

## 나. 평가

### (1) 평가의 방향

- (가) ‘고급 생명과학’에서의 평가는 교육과정 성취기준에 근거하여 실시하되, 평가 결과에 대한 환류를 통해 학생의 학습과 성장을 도울 수 있도록 계획하여 실시한다.
- (나) ‘고급 생명과학’ 교육과정상의 내용 체계와의 관련성을 고려하여 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 균형 있게 평가하되, 지식·이해 중심의 평가를 지양한다.
- (다) 학습 부진 학생, 특정 분야에서 탁월한 재능을 보이는 학생, 특수교육 대상 학생 등의 경우 적절한 평가 방법을 제공하여 교육적 요구에 맞는 평가가 이루어질 수 있도록 한다.
- (라) ‘고급 생명과학’ 학습 내용을 평가할 때, 온라인 학습 지원 도구 등 디지털 교육 환경을 활용한 평가 방안이나 평가 도구를 적극적으로 활용한다.

### (2) 평가 방법

- (가) ‘고급 생명과학’ 과목의 평가는 평가 계획 수립, 평가 문항과 도구 개발, 평가의 시행, 평가 결과의 처리, 평가 결과의 활용 등의 절차를 거쳐 실시한다.
- (나) 교수·학습 계획을 수립할 때, ‘고급 생명과학’ 교육과정 성취기준을 고려하여 평가의 시기나 방법을 포함한 평가 계획을 함께 수립한다.
  - 교수·학습과 평가를 유기적으로 연결하여, 학습 결과에 대한 평가뿐만 아니라 평가 과정이 학생 자신의 학습 과정이나 결과를 성찰할 기회가 되도록 한다.
  - 평가의 시기와 목적에 맞게 진단 평가, 형성 평가, 총괄 평가 등을 계획하여 실시한다.
  - 평가는 교수·학습의 목표와 성취기준에 근거하여 실시하고, 그 결과를 후속 학습 지도 계획 수립과 지도 방법 개선, 진로 지도 등에 활용한다.
  - 평가 결과를 바탕으로 학생 개별 맞춤형 환류를 제공하여 학생 스스로 평가 결과를 해석하고 학습 계획을 세울 수 있도록 한다.

- (다) 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 고르게 평가함으로써 ‘고급 생명과학’의 교수·학습 목표 도달 여부를 종합적으로 파악할 수 있도록 한다. 또한, 학습의 결과뿐만 아니라 학습의 과정도 함께 평가한다.
- ‘고급 생명과학’의 핵심 개념을 이해하고 적용하는 능력을 평가한다.
  - ‘고급 생명과학’의 과학적 탐구에 필요한 문제 인식 및 가설 설정, 탐구 설계 및 수행, 자료 수집분석 및 해석, 결론 도출 및 일반화, 의사소통과 협업 등과 관련된 과정·기능을 평가한다.
  - ‘고급 생명과학’에 대한 흥미와 가치 인식, 학습 참여의 적극성, 협동성, 과학적으로 문제를 해결하는 태도, 창의성 등을 평가한다.
- (라) ‘고급 생명과학’을 평가할 때는 학생의 학습 과정과 결과를 평가하기 위해 지필평가(선택형, 서술형, 논술형 등), 관찰, 실험·실습, 보고서, 면담, 구술, 포트폴리오, 자기 평가, 동료 평가 등의 다양한 방법을 활용한다.
- 성취기준에 근거하여 평가 요소에 적합한 평가 상황을 설정하고, 타당한 평가 방법을 선정한다.
  - 타당도와 신뢰도가 높은 평가를 위하여 가능하면 공동으로 평가 도구를 개발하여 활용한다.
  - 평가 도구를 개발할 때는 창의융합적 문제해결력과 인성 및 감성 함양에 도움이 되는 소재나 상황들을 적극적으로 발굴하여 활용한다.
  - 평가 요소에 따라 개별 평가와 모둠 평가를 실시하고, 자기 평가와 동료 평가도 활용할 수 있다.
  - 디지털 교수·학습 환경을 고려하여 온라인 학습 지원 도구 등을 활용한 온라인 평가를 병행하여 활용할 수 있다.
- (마) 학생들의 ‘고급 생명과학’ 교육과정 성취기준에 대한 도달 정도를 파악하기 위해 형성 평가를 실시하고, 그 결과를 바탕으로 최소 성취수준 보장을 위한 맞춤형 교수·학습 활동을 실시한다.
- 다양한 평가 도구를 활용하여 ‘고급 생명과학’ 교육과정에 근거한 최소 성취수준에 도달할 수 없는 학생을 사전에 파악함으로써 최소 성취수준 보장을 위한 조치를 취한다.
  - 평가 결과를 학생의 ‘고급 생명과학’ 학습 성취수준에 대한 진단과 더불어 학생 맞춤형 보정 계획과 연계하도록 한다.

# 고급 지구과학

## 1. 성격 및 목표

### 가. 성격

‘고급 지구과학’은 지구를 포함한 우주 공간에서 나타나는 현상에 대한 기본 개념을 바탕으로 지구과학적 탐구를 직간접적으로 체험하고 지구과학의 심화 개념과 탐구 능력을 충분히 활용하여 실생활에서의 문제해결 능력과 과학적 소양을 함양하기 위한 과목이다.

‘고급 지구과학’에서는 ‘과학적 소양을 갖추고 더불어 살아가는 창의적인 사람’을 육성하기 위해 시·공간적으로 밀접하게 관련된 지구시스템과 우주에 대한 현상을 통합적으로 인식하고, 올바른 과학적 가치 판단 능력과 객관적 탐구 태도를 갖추어 개인과 사회, 인류가 직면한 문제를 해결하기 위해 민주시민으로서 참여하고 실천하는 역량을 기르는 데 중점을 둔다.

‘고급 지구과학’은 일반선택 과목인 ‘지구과학’의 지식과 실천을 확장하여 미래 사회를 살아가는 데 필요한 역량을 함양하고, 고등학교 진로선택 과목인 ‘지구시스템과학’ 및 ‘행성우주과학’, 과학 계열 고등학교 융합선택 과목인 ‘지구과학 실험’과 연계된다.

‘고급 지구과학’은 일반계 고등학교나 과학계열 고등학교에서 지구과학의 심화된 교육과정을 이수하는 학생을 위한 과목이므로 지구과학 분야의 전공과목을 이수하는 데 필요한 지식 및 탐구 방법을 바탕으로 지구와 우주에 대한 현상을 통합적인 관점에서 파악할 수 있도록 고체 지구, 대기와 해양, 우주 3개의 영역에 대해 ‘지식·이해, 과정·기능, 가치·태도’의 세 차원을 포괄할 수 있도록 구성하였다. 고체 지구 영역에서는 지구 내부의 구조, 지구의 구성 물질과 암석, 지구의 역사를 통해 지구시스템의 구성과 변화에 관한 내용을 다룬다. 대기와 해양 영역에서는 대기와 해양에 작용하는 힘, 대기의 성질과 운동, 해수의 성질과 운동, 대기와 해양의 상호 작용을 통해 유체 지구의 특징에 관한 내용을 다룬다. 우주 영역에서는 천구와 천체의 운동, 별의 특성과 항성 물리, 은하와 우주를 통해 천체 및 우주에 대한 전반적인 내용을 다룬다. 이러한 구성은 지구과학 소양을 기반으로 학습한 내용을 삶의 맥락에서 적용하여 복잡한 문제를 해결하는 역량을 갖추고 당면한 전 지구적 위기에 능동적으로 대응할 수 있는 미래 핵심역량 함양에 기여할 것이다.

‘고급 지구과학’에서는 심화된 지구과학 개념과 원리 및 탐구 중심의 학습을 통해 지식·이해, 과

정·기능, 가치·태도의 세 차원을 상호보완적으로 연계하여 영역별 핵심 아이디어에 도달할 수 있다. 이를 통해 첨단 과학기술이 요구하는 창의적 지식 생산과 더불어 변동성과 불확실성이 특징인 미래 사회에 대응할 수 있는 역량을 갖추으로써 과학적 소양을 함양할 수 있을 것이다.

## 나. 목표

지구시스템과 우주에 대한 개념 중심 탐구를 바탕으로 고체 지구, 대기와 해양, 우주 관련 핵심 개념을 통합적으로 이해하여 학문적 흥미와 호기심을 가지고 지구의 소중함과 우주의 아름다움을 인식한다. 또한, 지구과학 분야의 다양한 연구 성과를 탐구하고 최신 연구 자료와 시사적인 내용을 통해 올바른 과학적 가치 판단 능력을 함양하며, 이를 토대로 실생활에서의 문제를 창의적으로 해결하는 역량과 민주시민으로서 참여하는 자세 및 실천하는 과학적 소양을 기른다.

- (1) 지구의 소중함과 우주의 아름다움을 인식하고 지구와 우주에서 나타나는 자연 현상을 통합적으로 이해하는 능력을 기른다.
- (2) 지구과학의 고체 지구, 대기와 해양, 우주 영역에 대하여 심화 및 발전된 핵심 개념을 체계적으로 이해한다.
- (3) 지구와 우주를 과학적으로 탐구하는 능력을 기르고 전 지구로 나타나는 문제를 파악하여 창의적으로 해결할 수 있는 능력을 기른다.
- (4) 지구와 우주에 대한 문제를 해결하기 위한 공동체의 역할을 이해하고 민주시민으로서의 참여와 실천을 통해 지속가능한 사회 유지에 기여한다.

## 2. 내용 체계 및 성취기준

### 가. 내용 체계

|         |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |       |
|---------|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 핵심 아이디어 |        | <ul style="list-style-type: none"><li>• 지구 내부구조와 상태는 지진파와 역장 연구를 통해 알아낼 수 있고 지구 내부 에너지가 판을 움직이는 원동력이다.</li><li>• 지각은 다양한 광물과 암석으로 구성되어 있고, 암석의 종류에 따라 조직이 다르게 나타난다.</li><li>• 대기와 해양에 작용하는 여러 가지 힘에 의해 바람과 해류가 발생하며, 대기와 해양의 상호 작용 변화에 의해 전 지구적 기후변화가 초래된다.</li><li>• 별은 다양한 물리량에 의해 분류되며 질량에 따라 내부구조 및 진화 경로가 달라진다.</li><li>• 은하의 구조와 질량 분포는 별과 성간 물질을 연구하여 알아내고 우주는 다양한 은하로 구성되며 팽창하고 있다.</li></ul> |       |
| 범주      |        | 구분                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 내용 요소 |
| 지식·이해   | 고체 지구  | <ul style="list-style-type: none"><li>• 지구 내부와 역장 • 고지자기와 판구조론 • 광물과 암석</li><li>• 지사 해석의 원리 • 지질시대와 한반도의 지체구조</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                               |       |
|         | 대기와 해양 | <ul style="list-style-type: none"><li>• 단열변화 • 대기 안정도 • 대기와 해양에 작용하는 힘</li><li>• 대기의 순환 • 해수의 성질 • 해파와 해일 • 해양의 순환</li><li>• 기조력 • ENSO</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                     |       |
|         | 우주     | <ul style="list-style-type: none"><li>• 구면좌표계 • 행성의 운동 • 별의 물리량 • 별의 진화 • 성간물질</li><li>• 우리은하의 구조와 질량 • 대폭발 우주 • 현대 우주론</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                     |       |
| 과정·기능   |        | <ul style="list-style-type: none"><li>• 지구와 우주 관련 현상에서 문제를 인식하고 가설을 설정하기</li><li>• 변인을 조작적으로 정의하여 탐구 설계하기</li><li>• 다양한 도구와 수학적 사고를 활용하여 정보를 조사·수집·해석하기</li><li>• 수학적 공식과 모형을 활용하여 지구와 우주 및 지구계 관련 현상 설명하기</li><li>• 증거에 기반한 과학적 사고를 통해 자료를 과학적으로 분석·평가·추론하기</li><li>• 결론을 도출하고 자연 현상 및 STEM 상황에 적용·설명하기</li><li>• 과학적 주장을 다양한 방법으로 의사소통하고, 의사 결정을 위해 과학적 지식 활용하기</li></ul>                           |       |
| 가치·태도   |        | <ul style="list-style-type: none"><li>• 과학의 심미적 가치</li><li>• 과학 유용성</li><li>• 자연과 과학에 대한 감수성</li><li>• 과학 창의성</li><li>• 과학 활동의 윤리성</li><li>• 과학 문제해결에 대한 개방성</li><li>• 안전·지속가능 사회에 기여</li><li>• 과학 문화 향유</li></ul>                                                                                                                                                                                    |       |

## 나. 성취기준

### (1) 고체 지구

- [12고지01-01] 지진파의 종류와 특성을 이해하고, 지진파 분석을 통해 지각의 두께, 지구 내부의 성층구조, 구성 물질 등을 이해하는 방법을 설명할 수 있다.
- [12고지01-02] 중력 이상의 개념을 이해하고 지하의 물질 분포와 지하자원 탐사 등에 적용할 수 있다.
- [12고지01-03] 지구자기장의 발생 원리를 이해하고 고지자기를 이용하여 암석이 형성될 당시의 고지리 정보를 파악하는 방법을 설명할 수 있다.
- [12고지01-04] 판구조론과 플룸구조론을 이해하고 이를 바탕으로 지구에서 발생하는 다양한 지질학적 변동의 원인을 설명할 수 있다.
- [12고지01-05] 광물의 물리적, 화학적 성질을 이해하고 이를 바탕으로 광물을 분류할 수 있다.
- [12고지01-06] 편광현미경의 원리를 이해하고 다색성, 간섭색, 소광 등 광물의 광학적 성질에 따라 광물을 분류할 수 있다.
- [12고지01-07] 화성암, 변성암, 퇴적암이 형성될 수 있는 조건을 이해하고, 다양한 환경에서 여러 종류의 암석이 만들어지는 과정을 설명할 수 있다.
- [12고지01-08] 지사학의 원리를 이용하여 지층의 대비와 생성 순서를 결정하고, 방사성 동위 원소를 이용하여 절대 연령을 구할 수 있다.
- [12고지01-09] 지질시대를 구분하고 지층과 화석을 통하여 지질시대의 고생물과 환경을 해석할 수 있다.
- [12고지01-10] 지층의 주향과 경사를 측정하고, 이를 이용하여 지질도를 작성하고 해석할 수 있다.
- [12고지01-11] 한반도의 지층과 화석 분포를 이해하고 지질학적 변천 과정을 설명할 수 있다.

### (가) 성취기준 해설

- [12고지01-02] 중력 이상 개념을 다룰 때 지구타원체와 지오이드의 개념을 먼저 다룬다.
- [12고지01-07] 마그마의 화학 조성 and 냉각 속도에 따라 다양한 화성암이 형성되는 과정, 마그마의 냉각 과정에서 분화 과정을 다루도록 하며, 변동대에서 다양한 온도와 압력 조건에서 서로 다른 변성암이 형성될 수 있음을 다루고, 퇴적암이 형성되는 다양한 퇴적 환경과 퇴적 과정을 다룬다. 암석의 종류와 화성작용, 변성작용, 퇴적작용에서는 지하자원의 종류와 분포에 대한 내용을 포함하여 다룬다.
- [12고지01-11] 한반도 주변의 판구조 환경과 함께, 시대별 암석 분포 자료를 이용하여 지체 구조와 산출 화석을 연계하여 다룬다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 고등학교 ‘지구과학’의 지구의 역사와 한반도의 암석, ‘지구시스템과학’의 지구 탄생과 생동하는 지구와 연계된다.
- 고지자기의 변화는 편각과 복각 변화 자료를 이용하여 과거 판의 위치와 이동 및 회전 양상을 탐구하는 수행평가를 실시할 수 있다.

(2) 대기와 해양

- [12고지02-01] 대기 중에 존재하는 수증기의 상태 변화 과정을 이해하고, 안개와 구름이 생성되는 과정을 구분하여 설명할 수 있다.
- [12고지02-02] 단열선도(skew T-log p diagram)를 이용하여 대기 안정도를 정량적으로 이해하고 상승응결고도(LCL), 대류응결고도(CCL), 자유대류고도(LFC), 평형고도(EL)의 의미와 차이점을 발표할 수 있다.
- [12고지02-03] 압력, 경도력, 전향력, 원심력, 마찰력 등 대기와 해양에 작용하는 힘들을 설명할 수 있다.
- [12고지02-04] 대기에 작용하는 힘들의 균형 관계를 이해하고, 지균풍, 경도풍, 지상풍이 형성되는 과정을 설명할 수 있다.
- [12고지02-05] 이상화된 지구에서의 대기 대순환 및 실제 지구에서의 대기 대순환의 특징을 비교하여 이해하고, 평균 자오면 순환, 행성파, 편서풍 파동, 제트류의 의미와 날씨 변화에 미치는 역할을 설명할 수 있다.
- [12고지02-06] 해수의 물리적, 화학적 성질을 이용하여 수괴의 특성을 이해하고, 해수 중에서 음파가 전달될 때의 특성을 설명할 수 있다.
- [12고지02-07] 해파의 발생 과정과 천해파, 심해파의 성질을 이해하고 해일이 발생하는 여러 가지 원인을 설명할 수 있다.
- [12고지02-08] 해수에 작용하는 힘들의 평형 관계를 이해하고, 지형류, 경도류, 에크만 수송이 형성되는 과정을 설명할 수 있다.
- [12고지02-09] 해수의 표층 순환과 심층 순환을 이해하고, 위도간 전향력의 변화에 따라 나타나는 서안강화현상을 설명할 수 있다.
- [12고지02-10] 기조력을 수식으로 표현하고 평형 조석론과 동역학적 조석론의 관점에서 조석 현상을 이해하며, 조석 마찰 개념으로 지구 자전의 변화를 설명할 수 있다.
- [12고지02-11] 대기와 해양의 상호 작용으로 나타나는 엘니뇨-남방진동(ENSO)의 메커니즘을 이해하고, 엘니뇨와 라니냐 시기에 나타나는 지구적 기후변화의 결과와 우리나라 기후변화에 미치는 영향을 설명할 수 있다.

(가) 성취기준 해설

- [12고지02-03] 대기와 해양에 작용하는 힘의 크기를 수식으로 유도하도록 한다.
- [12고지02-05] 행성파의 발달 과정을 먼저 다루고, 편서풍 파동과 제트류를 대기 대순환 및 지상 고·저기압의 발달과 관련지어 설명한다.
- [12고지02-07] 중간 수심파의 개념을 간단히 다루고 심해파와 천해파의 속도를 계산할 수 있다.
- [12고지02-10] 달과 태양에 의한 기조력의 크기를 유도하고 조석 진화의 결과 나타나는 현상을 추론할 수 있다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 고등학교 ‘지구과학’ 대기와 해양의 상호 작용, ‘지구시스템과학’의 해수의 운동, 강수 과정과 대기의 운동과 연계된다.
- 대기와 해수에 작용하는 힘들의 균형 관계에서는 원심력을 구심력으로 사용하지 않도록 유의한다.
- 실제 관측 자료를 활용하여 지균풍의 속력과 지형류의 속력을 계산하고, 경도풍은 이상적인 상태에서 지균풍과 속력을 비교할 수 있도록 한다.
- 무조점 개념은 다루지 않는다.

(3) 우주

- [12고지03-01] 시간계와 구면좌표계를 이해하여 천체의 위치 변화를 천구에 표현하고, 망원경과 검출기의 특성과 원리를 설명할 수 있다.
- [12고지03-02] 천구상에서 행성의 겉보기 운동을 이해하고 행성의 회합 주기와 공전 주기를 구하는 원리를 적용하여 행성의 공전 궤도 반경을 구할 수 있다.
- [12고지03-03] 연주시차, 분광시차, 주계열 맞추기, 세페이드 변광성의 주기-광도 관계 등을 이용하여 별까지의 거리를 구할 수 있다.
- [12고지03-04] 흑체복사 법칙을 통해 별의 스펙트럼과 표면 온도, 광도와 등급, 색지수 등의 물리량을 이해하고, 별의 분광 분류에 따른 H-R도 상에서의 특징을 설명할 수 있다.
- [12고지03-05] 별의 질량에 따른 진화 과정을 H-R도와 관련지어 이해하고, 별의 내부구조 변화를 설명할 수 있다.
- [12고지03-06] 별의 진화 과정에 따라 중심부에서 일어나는 핵융합 반응의 종류와 생성되는 에너지량의 변화를 이해하고, 변광성, 밀집성, 특이성의 특징을 설명할 수 있다.
- [12고지03-07] 성간 소광과 적색화를 통해 알 수 있는 성간 티끌의 분포를 이해하고, 성간 기체의 계층적 구조에 의한 발광성운과 전리수소 영역을 설명할 수 있으며, 성간 분자운이 재사용되어 별이 생성되는 과정을 발표할 수 있다.

- [12고지03-08] 성단의 공간 분포와 21cm 수소선 관측 결과로부터 우리은하의 구조를 이해하고, 태양 부근에 존재하는 항성의 운동과 은하의 속도 곡선으로부터 은하를 구성하는 물질 분포와 은하의 질량을 설명할 수 있다.
- [12고지03-09] 은하의 분류 기준 체계와 외부은하의 크기, 질량-광도비 등의 일반적 특징을 이해하고, 활동 은하핵의 특성과 은하 병합의 결과를 설명할 수 있다.
- [12고지03-10] 허블-르메트르 법칙을 통해 허블 상수와 우주의 나이를 계산할 수 있으며, 대폭발 우주론에 의한 우주의 진화 과정과 대폭발 우주론을 지지하는 관측적 사실을 설명할 수 있다.
- [12고지03-11] 우주론적 원리를 통해 고전적 우주 모형으로부터 급팽창 우주와 가속 팽창 우주 모형을 포함하는 현대 우주론이 정립되는 과정을 이해하고 표준 모형을 설명할 수 있다.

#### (가) 성취기준 해설

- [12고지03-04] 흑체복사 법칙을 수식으로 유도하고 다양한 별의 물리량을 계산하도록 한다.
- [12고지03-08] 별의 시선속도와 접선속도 분포로부터 공간 운동을 이해하고 21cm 수소선 관측 자료를 이용하여 우리은하의 나선팔 구조를 설명할 수 있다.
- [12고지03-10] 대폭발 핵융합과 우주배경복사가 대폭발 우주론을 지지하는 증거가 될 수 있음을 이해하도록 한다.

#### (나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 고등학교 ‘지구과학’의 태양계 천체와 별과 우주의 진화, ‘행성우주과학’ 전반과 연계된다.
- 지평좌표계와 적도 좌표계만을 도입하고 좌표계 간의 전환 과정은 다루지 않는다.
- 별의 거리를 측정할 수 있는 다양한 자료를 제시하고 모듈별 활동을 통해 서로 다른 별의 거리를 분석하는 과정을 토론하도록 한다.

### 3. 교수·학습 및 평가

#### 가. 교수·학습

##### (1) 교수·학습의 방향

- (가) ‘고급 지구과학’ 관련 다양한 활동을 통해 ‘고급 지구과학’ 교육과정에서 제시한 목표를 달성하고, ‘고급 지구과학’ 관련 기초 소양 및 미래 사회에 필요한 역량을 함양하기 위한 교수·학습 계획을 수립하여 지도한다.

- (나) ‘고급 지구과학’ 교육과정의 내용 체계표에 제시된 핵심 개념인 지식·이해뿐만 아니라 과정·기능, 가치·태도를 균형 있게 발달시킬 수 있도록 지도한다.
- (다) 역량 함양을 위한 깊이 있는 학습이 이루어지도록 적절하고 다양한 일상생활 소재나 실험·실습의 기회를 학생들에게 제공하여 실제적인 맥락에서 문제를 해결하는 경험을 할 수 있도록 한다.
- (라) 학생의 발달과 성장을 지원할 수 있도록 학생의 능력 및 수준에 적합한 ‘고급 지구과학’ 과목의 교수·학습 계획을 수립하고, 학생이 능동적인 학습자로서 수업에 참여할 수 있도록 한다.
- (마) 디지털 교육 환경 변화에 따른 온·오프라인 연계 수업을 실시하고, 다양한 디지털 플랫폼과 기술 및 도구를 적극적으로 활용한다.

## (2) 교수·학습 방법

- (가) 학년이나 학기 초에 교과 협의회를 열어 교육과정-교수·학습-평가가 일관되게 이루어질 수 있도록 ‘고급 지구과학’ 과목의 교수·학습 계획을 수립한다.
  - 교수·학습 계획 수립이나 학습 자료 개발 시 학교 여건, 지역 특성, 학습 내용의 특성과 난이도, 학생 수준, 자료의 준비 가능성 등을 고려하여 교육과정의 내용, 순서 등을 재구성할 수 있다.
  - 학생이 과제 연구, 과학관 견학과 같은 여러 가지 과학 활동에 참여할 수 있도록 계획한다.
  - 실험·실습에서 지속적인 관찰이 요구되는 내용을 지도할 때는 자료 준비, 관찰자, 관찰 내용 등에 관한 세부 계획을 미리 세운다.
  - 학생이 스스로 진로를 고려하여 과학 과목 이수 경로를 설계할 수 있도록 하고, 선택 과목 간 교육내용 연계 및 진로연계교육을 고려하여 지도계획을 수립한다.
  - 융합적 사고와 과학적 창의성을 계발하기 위해 내용 연계성을 고려하여 과목 내 영역이나 수학, 기술, 공학, 예술 등 다른 교과와 통합 및 연계하여 지도할 수 있도록 계획한다.
- (나) 강의, 실험, 토의·토론, 발표, 조사, 역할 놀이, 프로젝트, 과제 연구, 과학관 견학과 같은 학교 밖 과학 활동 등 다양한 교수·학습 방법을 적절히 활용하고, 학생이 능동적으로 수업에 참여할 수 있도록 한다.
  - 학생의 지적 호기심과 학습 동기를 유발할 수 있도록 발문하고, 개방형 질문을 적극적으로 활용한다.

- 교사 중심의 실험보다 학생 중심의 탐구 활동을 설계하고, 동료들과의 협업을 통해 과제를 해결하는 과정에서 상호 협력이 중요함을 인식하도록 지도한다.
- 탐구 수행 과정에서 자신의 의견을 명확히 표현하고 다른 사람의 의견을 존중하는 태도를 가지며, 과학적인 근거에 기초하여 의사소통하도록 지도한다.
- 모형을 사용할 때는 모형과 실제 자연 현상 사이에 차이가 있음을 이해할 수 있도록 한다.
- 과학 및 과학과 관련된 사회적 쟁점을 주제로 과학 글쓰기와 토론을 실시하여 과학적 사고력, 과학적 의사소통 능력 등을 함양할 수 있도록 지도한다.

(다) 학생의 디지털 소양 함양과 교수·학습 환경의 변화를 고려하여 교수·학습을 지원하는 다양한 디지털 기기 및 환경을 적극적으로 활용한다.

- ‘고급 지구과학’ 학습에 대한 학생의 이해를 돕고 흥미를 유발하며 구체적 조작 경험과 활동을 제공하기 위해 모형이나 시청각 자료, 가상 현실이나 증강 현실 자료, 소프트웨어, 컴퓨터 및 스마트 기기, 인터넷 등의 최신 정보통신기술과 기기 등을 실험과 탐구에 적절히 활용한다.
- 온라인 학습 지원 도구를 적극적으로 활용하여 대면 수업의 한계를 극복하고, 다양한 교수·학습 활동이 온라인 학습 환경에서도 이루어질 수 있도록 한다.
- 지능정보기술 등 첨단 과학기술 기반의 과학 교육이 이루어질 수 있도록 지능형 과학실을 활용한 탐구 실험·실습 중심의 교수·학습 활동 계획을 수립하여 실행한다.
- ‘고급 지구과학’ 관련 탐구 활동에서 다양한 센서나 기기 등 디지털 탐구 도구를 활용하여 실시간으로 자료를 측정하거나 기상청 등 공공기관에서 제공한 자료를 활용하여 자료를 수집하고 처리하는 기회를 제공한다.
- 학교와 학생의 디지털 활용 수준 등을 고려하여 디지털 격차가 발생하지 않도록 유의한다.

(라) 학생의 ‘고급 지구과학’에 대한 흥미, 즐거움, 자신감 등 정의적 영역에 관한 성취를 높이고 ‘고급 지구과학’ 관련 진로를 탐색할 수 있는 교수·학습 방안을 강구한다.

- 과학 지식의 잠정성, 과학적 방법의 다양성, 과학 윤리, 과학·기술·사회의 상호 관련성, 과학적 모델의 특성, 과학의 본성과 관련된 내용을 적절한 소재를 활용하여 지도한다.
- 학습 내용과 관련된 첨단 과학기술을 다양한 형태의 자료로 제시함으로써 현대 생활에서 첨단 과학이 갖는 가치와 잠재력을 인식하도록 지도한다.
- 과학자 이야기, 과학사, 시사성 있는 과학 내용 등을 도입하여 과학에 대한 호기심과 흥미를 유발한다.
- 학교의 지역적 특성을 고려하여 지역의 자연 환경, 지역 명소, 박물관, 과학관 등 지역별 과학 교육 자원을 적극적으로 활용한다.
- ‘고급 지구과학’ 관련 직업이나 다양한 활용 사례를 통해 학습과 진로에 대한 동기를 부여한다.

- (마) 학생이 ‘고급 지구과학’ 교육과정에 제시된 탐구 및 실험·실습 활동을 안전하게 진행할 수 있는 환경을 조성한다.
- 실험 기구의 사용 방법, 화학 약품을 다룰 때 주의할 점과 안전 사항을 사전에 지도하여 사고가 발생하지 않도록 유의한다.
  - 야외 탐구 활동 및 현장 학습 시에는 사전 답사를 실시하거나 관련 자료를 조사하여 안전한 활동을 실행한다.
  - 실험 기구나 재료는 수업 이전에 충분히 준비하되, 실험 후 발생하는 폐기물은 적절한 절차에 따라 처리하여 환경을 오염시키지 않도록 유의한다.
  - 상황에 따라 실험 시연 또는 시범으로 대체할 수 있다.
- (바) 범교과 학습, 생태전환교육, 디지털·인공지능 기초 소양 함양과 관련한 교육내용 중 해당 주제와 연계하여 지도할 수 있는 내용을 선정하여 함께 학습할 수 있도록 지도한다.
- (사) 학습 부진 학생, 특정 분야에서 탁월한 재능을 보이는 학생, 특수교육 대상 학생 등 모두를 위한 교육을 위해 학습자가 지닌 교육적 요구에 적합한 교수·학습 계획을 수립하여 지도한다.
- 학생의 능력과 흥미 등 개인차를 고려하여 학습 내용과 실험·실습 활동 등을 수정하거나 대체 활동을 마련하여 제공할 수 있다.
  - 특수교육 대상 학생의 학습 참여도를 높이기 위해 학습자의 장애 및 발달 특성을 고려하여 교과 내용이나 실험·실습 활동을 더 자세히 안내하거나 학생이 이해할 수 있도록 적절한 대안을 제시할 수 있다.
- (아) 교육과정에서 제시된 성취기준에 학생이 도달할 수 있도록 하고, 최소 성취수준 보장을 위한 교수·학습 계획을 수립한다.
- 교수·학습 과정에서 학생의 성취 정도를 수시로 파악함으로써 교육과정 성취기준 도달 정도를 점검한다.
  - 교육과정 성취기준에 도달하지 못하는 학생을 위해서 별도의 학습 자료를 제공하는 등 최소 성취수준에 도달할 수 있도록 지도한다.

## 나. 평가

### (1) 평가의 방향

- (가) ‘고급 지구과학’ 과목의 평가는 교육과정 성취기준에 근거하여 실시하되, 평가 결과에 대한 환류를 통해 학생의 학습과 성장을 도울 수 있도록 계획하여 실시한다.
- (나) ‘고급 지구과학’ 교육과정상의 내용 체계와의 관련성을 고려하여 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 균형 있게 평가하되, 지식·이해 중심의 평가를 지양한다.
- (다) 학습 부진 학생, 특정 분야에서 탁월한 재능을 보이는 학생, 특수교육 대상 학생 등의 경우 적절한 평가 방법을 제공하여 교육적 요구에 맞는 평가가 이루어질 수 있도록 한다.
- (라) ‘고급 지구과학’ 학습 내용을 평가할 때, 온라인 학습 지원 도구 등 디지털 교육 환경을 활용한 평가 방안이나 평가 도구를 적극적으로 활용한다.

### (2) 평가 방법

- (가) ‘고급 지구과학’ 과목의 평가는 평가 계획 수립, 평가 문항과 도구 개발, 평가의 시행, 평가 결과의 처리, 평가 결과의 활용 등의 절차를 거쳐 실시한다.
- (나) 교수·학습 계획을 수립할 때, ‘고급 지구과학’ 교육과정 성취기준을 고려하여 평가의 시기나 방법을 포함한 평가 계획을 함께 수립한다.
  - 교수·학습과 평가를 유기적으로 연결하여, 학습 결과에 대한 평가뿐만 아니라 평가 과정이 학생 자신의 학습 과정이나 결과를 성찰할 기회가 되도록 한다.
  - 평가의 시기와 목적에 맞게 진단 평가, 형성 평가, 총괄 평가 등을 계획하여 실시한다.
  - 평가는 교수·학습의 목표와 성취기준에 근거하여 실시하고, 그 결과를 후속 학습 지도 계획 수립과 지도 방법 개선, 진로 지도 등에 활용한다.
  - 평가 결과를 바탕으로 학생 개별 맞춤형 환류를 제공하여 학생 스스로 평가 결과를 해석하고 학습 계획을 세울 수 있도록 한다.
- (다) 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 고르게 평가함으로써 ‘고급 지구과학’의 교수·학습 목표 도달 여부를 종합적으로 파악할 수 있도록 한다. 또한, 학습의 결과뿐만 아니라 학습의 과정도 함께 평가한다.
  - ‘고급 지구과학’의 핵심 개념을 이해하고 적용하는 능력을 평가한다.
  - ‘고급 지구과학’의 과학적 탐구에 필요한 문제 인식 및 가설 설정, 탐구 설계 및 수행, 자료

수집분석 및 해석, 결론 도출 및 일반화, 의사소통과 협업 등과 관련된 과정·기능을 평가한다.

- ‘고급 지구과학’에 대한 흥미와 가치 인식, 학습 참여의 적극성, 협동성, 과학적으로 문제를 해결하는 태도, 창의성 등을 평가한다.

(라) ‘고급 지구과학’을 평가할 때는 학생의 학습 과정과 결과를 평가하기 위해 지필평가(선택형, 서술형, 논술형 등), 관찰, 실험·실습, 보고서, 면담, 구술, 포트폴리오, 자기 평가, 동료 평가 등의 다양한 방법을 활용한다.

- 성취기준에 근거하여 평가 요소에 적합한 평가 상황을 설정하고, 타당한 평가 방법을 선정한다.
- 타당도와 신뢰도가 높은 평가를 위하여 가능하면 공동으로 평가 도구를 개발하여 활용한다.
- 평가 도구를 개발할 때는 창의 융합적 문제해결력 및 인성과 감성 함양에 도움이 되는 소재나 상황들을 적극적으로 발굴하여 활용한다.
- 평가 요소에 따라 개별 평가와 모둠 평가를 실시하고, 자기 평가와 동료 평가도 활용할 수 있다.
- 디지털 교수·학습 환경을 고려하여 온라인 학습 지원 도구 등을 활용한 온라인 평가를 병행하여 활용할 수 있다.

(마) 학생들의 ‘고급 지구과학’ 교육과정 성취기준에 대한 도달 정도를 파악하기 위해 형성 평가를 실시하고, 그 결과를 바탕으로 최소 성취수준 보장을 위한 맞춤형 교수·학습 활동을 실시한다.

- 다양한 평가 도구를 활용하여 ‘고급 지구과학’ 교육과정에 근거한 최소 성취수준에 도달할 수 없는 학생을 사전에 파악함으로써 최소 성취수준 보장을 위한 조치를 취한다.
- 평가 결과를 학생의 ‘고급 지구과학’ 학습 성취수준에 대한 진단과 더불어 학생 맞춤형 보정 계획과 연계하도록 한다.

# 과학과제 연구

## 1. 성격 및 목표

### 가. 성격

‘과학과제 연구’는 과학계열 고등학교 학생이나 일반계 고등학교에서 과학 과목 중점으로 교육 과정을 이수하는 학생들이 과학 핵심 개념의 통합적인 이해 및 과학의 탐구 경험을 통하여 다양한 탐구 중심의 학습을 위한 과목이다. ‘과학과제 연구’에서는 토론과 조사를 거쳐 특정 과학과제를 선정하여 실험·실습을 수행하고 결론을 도출하여 보고서를 작성하는 일련의 연구 과정을 체험하도록 하여 과학기술 분야로 진로를 선택하고 대학에서 관련 학문을 연구하는 데 필요한 연구수행 능력을 기르는 데 중점을 둔다.

‘과학 과제연구’는 ‘통합과학1, 2’까지 학습한 다양한 과학 분야 지식을 바탕으로 하며, ‘과학탐구실험1, 2’를 통해 익힌 기본적인 과학 탐구 역량을 토대로 과학 연구 경험할 수 있으며, 고등학교 일반선택 과목과 진로선택 과목과 연계된다.

‘과학 과제연구’는 고등학교 일반선택 과목과 진로선택 과목, 과학계열 진로선택 과목인 ‘고급 물리학’, ‘고급 화학’, ‘고급 생명과학’, ‘고급 지구과학’에서 학습한 지식과 실천을 연계하여 미래 사회를 살아가기 위한 역량을 함양하고, 관련 지식과 이해를 확장하여 다양한 탐구 중심 학습이 이루어지도록 한다. 또한, ‘과학 과제연구’는 고등학교 융합선택 과목인 ‘융합과학탐구’와 과학계열 융합선택 과목인 ‘물리학 실험’, ‘화학 실험’, ‘생명과학 실험’, ‘지구과학 실험’과도 긴밀하게 연계되어 있다.

‘과학 과제연구’는 더불어 살아가는 창의적인 사람을 육성하기 위해 과학을 관통하는 심화 개념을 바탕으로 탐구하기 위해 과학 연구의 문제 탐색 및 선정, 과학 연구의 설계 및 수행, 과학 연구의 결론 도출 및 공유 3개의 영역으로 구성된다. 과학 연구의 문제 탐색 및 선정 영역은 과학 연구 방법론 및 연구 윤리, 문헌 조사 및 연구 주제 선정을 다루고, 과학 연구의 설계 및 수행 영역은 연구 설계, 자료수집 및 결과 해석을 다루며, 과학 연구의 결론 도출 및 공유 영역은 연구의 결론 도출, 연구보고서 작성 및 발표를 다룬다.

미래 사회는 첨단 과학기술을 기반으로 혁신적인 융복합 영역이 창출되는 사회로, 과학적 문제 해결력과 창의성을 발휘하는 전문가 집단과 과학적 소양을 갖춘 시민이 함께 이끄는 사회이다. ‘과학 과제연구’에서는 다양한 탐구 중심의 학습을 통해 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도의 세 차원을 상호보완적으로 배양함으로써 영역별 핵심 아이디어에 도달하고, 행위 주체로서 갖추어야 할 과학적 소양을 기를 수 있을 것이다.

## 나. 목표

자연과 일상생활에서 경험하는 다양한 과학 현상들에 대한 흥미와 호기심을 바탕으로 연구 주제를 선정하여 실험 실습을 수행함으로써 과학 연구 능력을 함양한다. 과학 연구 활동을 통해 개인과 사회의 다양한 실생활에서의 문제를 동료들과 협력하면서 과학 연구 능력을 함양하고 자연과 일상생활에서 과학 관련 문제를 해결하는 과정에서 이공계열 분야의 진로를 선택할 때 필요한 과학 연구 역량을 기른다.

- (1) 과학 현상에 흥미와 호기심을 가지고 자연과 일상생활에서 나타나는 다양한 문제를 인식하고, 이를 과학적으로 해결하려는 태도를 기른다.
- (2) 과학 연구 방법을 활용하여 자연과 일상생활의 문제를 과학적으로 연구하는 능력을 기른다.
- (3) 과학 현상을 과학적으로 연구하여 과학의 연구 방법을 이해한다.
- (4) 과학과 기술 및 사회의 상호 관계를 이해하고 이를 바탕으로 개인과 사회의 문제해결에 민주시민으로서 참여하고 실천하는 능력을 기른다.

## 2. 내용 체계 및 성취기준

### 가. 내용 체계

|         |                   |                                                                                                                                                                                                                                                     |       |
|---------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 핵심 아이디어 |                   | <ul style="list-style-type: none"><li>과학 연구의 성과는 일련의 과정을 통해 얻을 수 있다.</li><li>미래 사회에 대응할 수 있는 창의적 지식 생산은 과학 연구를 통해 이루어진다.</li><li>과학 연구 과정에서 연구 윤리 준수는 과학의 가치를 높이는 데 기여한다.</li></ul>                                                                 |       |
| 범주      |                   | 구분                                                                                                                                                                                                                                                  | 내용 요소 |
| 지식·이해   | 과학 연구의 문제 탐색 및 선정 | <ul style="list-style-type: none"><li>과학 연구 방법론 및 연구 윤리</li><li>문헌 조사 및 연구 주제 선정</li></ul>                                                                                                                                                          |       |
|         | 과학 연구의 설계 및 수행    | <ul style="list-style-type: none"><li>연구 설계</li><li>연구 수행 및 자료 수집, 자료 변환</li></ul>                                                                                                                                                                  |       |
|         | 과학 연구의 결론 도출 및 공유 | <ul style="list-style-type: none"><li>연구의 결과 해석 및 결론 도출</li><li>연구 보고서 작성 및 발표</li></ul>                                                                                                                                                            |       |
| 과정·기능   |                   | <ul style="list-style-type: none"><li>과학 문제 발견 및 가설 설정하기</li><li>과학 연구 설계, 수행 및 조사하기</li><li>과학 실험 데이터 수집 및 자료 변환하기</li><li>과학적 근거를 기반으로 자료 해석 및 분석하기</li><li>과학 실험 결론 도출 및 평가하기</li><li>모형 생성하여 과학 현상 설명하기</li><li>다양한 매체를 활용하여 협력적 소통하기</li></ul> |       |
| 가치·태도   |                   | <ul style="list-style-type: none"><li>과학의 심미적 가치 · 과학 유용성</li><li>자연과 과학에 대한 감수성 · 과학 창의성</li><li>과학 활동의 윤리성 · 과학 문제 해결에 대한 개방성</li><li>안전·지속가능 사회에 기여 · 과학 문화 향유</li></ul>                                                                         |       |

### 나. 성취기준

#### (1) 과학 연구의 문제 탐색 및 선정

- [12과연01-01] 토론과 조사를 통해 귀납적 연구 방법과 가설 연역적 연구 방법의 특징과 차이점을 설명할 수 있다.
- [12과연01-02] 문제 인식, 가설 설정, 변인 통제, 자료 해석, 결론 도출, 일반화 등의 과학 탐구 요소의 의미를 설명할 수 있다.
- [12과연01-03] 과학 연구의 윤리 규정의 중요성을 인식한다.
- [12과연01-04] 관심 있는 연구 주제를 탐색하고 관련 자료를 찾아 구체적이고 독창적인 연구 주제를 선정할 수 있다.

(가) 성취기준 해설

- [12과연01-03] 과학 연구의 윤리 규정의 사례 제시뿐만 아니라 연구 윤리 미준수로 나타나는 과학계 및 사회적 문제를 다루도록 한다.
- [12과연01-04] 연구 주제 선정 시 학생이 주도적으로 주제를 선정하도록 하며, 연구 여건이나 흥미도 등을 종합적으로 고려하여 선정할 수 있다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 과학적 연구 방법, 과학의 과정을 이해하고 과학 연구 윤리 미준수로 나타나는 과학계 및 사회적 문제에 대한 토론 및 발표 자료를 제작하고 공유하여 체감할 수 있도록 한다.

(2) 과학 연구의 설계 및 수행

- [12과연02-01] 자료 및 문헌 조사를 통해 연구 주제와 관련 자료를 모을 수 있다.
- [12과연02-02] 연구 목적에 대한 연구 문제 또는 연구 가설을 설정할 수 있다.
- [12과연02-03] 연구 목적을 달성할 수 있는 연구 방법과 내용을 설계하고 필요한 재료와 기기를 확보할 수 있다.
- [12과연02-04] 과학 연구를 수행하여 자료를 수집하고 표, 그래프 등으로 변환할 수 있다.

(가) 성취기준 해설

- [12과연02-02] 연구 문제와 연구 가설을 구분하고, 과학자들이 설정한 연구 문제와 연구 가설의 사례를 다루도록 한다.
- [12과연02-04] 과학 연구 수행에서는 연구 일지를 작성하도록 지도하며, 실험 결과를 표나 그래프로 전환할 때, 변인의 관계를 파악하고 가독성을 높이기 위한 형태로 작성하도록 지도한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 모둠 또는 반 전체에서 연구 아이디어를 발표하고 토론하는 과정을 통해 연구 주제 선정하도록 하여 협력적 소통 능력을 함양할 수 있도록 한다.
- 실험 결과를 표나 그래프로 전환할 때, 변인들의 관계를 파악하고 전달력을 높일 수 있는 형태로 작성하도록 한다.

(3) 과학 연구의 결론 도출 및 공유

- [12과연03-01] 자료를 해석하여 연구 문제 또는 연구 가설에 대한 해답을 검증할 수 있다.
- [12과연03-02] 연구 결과 해석을 바탕으로 동료들과 토론하며 연구 결론을 도출할 수 있다.

[12과연03-03] 연구 결과를 과학 연구 보고서 형식에 맞추어 보고서로 작성할 수 있다.

[12과연03-04] 연구 결과를 구두 또는 포스터 형식으로 공개 발표할 수 있다.

#### (가) 성취기준 해설

- [12과연03-03] 연구 보고서 형식은 서론(연구 배경, 연구 필요성 및 목적, 연구 문제 또는 연구 가설), 연구 방법(재료 및 방법), 연구 결과, 고찰, 결론, 참고 문헌 등으로 구성할 수 있다. 예비 과학자인 학생이 연구한다는 측면을 고려하여 서론에서 별도의 항목으로 연구 동기를 구성할 수 있다.

#### (나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 연구 문제의 해답이나 연구 가설의 검증 시 문헌 조사를 병행하며, 추가적인 실험을 수행할 수 있도록 한다.
- 결론 도출 시 참고 문헌을 토대로 논의할 수 있도록 하며, 결과와 결론의 차이를 인식할 수 있도록 한다.
- 연구 보고서 작성 시 연구 윤리 규정을 참고하도록 하며, 참고 문헌 표기 방법을 숙지하여 명확히 표기하도록 한다.
- 연구 결과를 발표할 때 사회 관계망 서비스, 동영상 등을 포함한 다양한 형태로 발표 자료를 제작할 수 있도록 유도한다.

### 3. 교수·학습 및 평가

#### 가. 교수·학습

##### (1) 교수·학습의 방향

- (가) ‘과학과제 연구’ 관련 다양한 활동을 통해 ‘과학과제 연구’ 교육과정에서 제시한 목표를 달성하고, ‘과학과제 연구’ 관련 전문 소양 및 미래 사회에 필요한 역량을 함양하기 위한 교수·학습 계획을 수립하여 지도한다.
- (나) ‘과학과제 연구’ 교육과정의 내용 체계표에 제시된 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 균형 있게 발달시킬 수 있도록 지도한다.
- (다) 역량 함양을 위한 깊이 있는 학습이 이루어지도록 적절하고 다양한 일상생활 소재나 실험·

실습의 기회를 학생들에게 제공하여 실제적인 맥락에서 문제를 해결하는 경험을 할 수 있도록 한다.

- (라) 학생의 발달과 성장을 지원할 수 있도록 학생의 능력 및 수준에 적합한 ‘과학과제 연구’ 과목의 교수·학습 계획을 수립하고, 학생이 능동적인 학습자로서 수업에 참여할 수 있도록 한다.
- (마) 디지털 교육 환경 변화에 따른 온·오프라인 연계 수업을 실시하고, 다양한 디지털 플랫폼과 기술 및 도구를 적극적으로 활용한다.

## (2) 교수·학습 방법

- (가) 학년이나 학기 초에 교과 협의회를 열어 교육과정-교수·학습-평가가 일관되게 이루어질 수 있도록 ‘과학과제 연구’ 과목의 교수·학습 계획을 수립한다.
  - 교수·학습 계획 수립이나 학습 자료 개발 시 학교 여건, 지역 특성, 학습 내용의 특성과 난이도, 학생 수준, 자료의 준비 가능성 등을 고려하여 교육과정의 내용, 순서 등을 재구성할 수 있다.
  - 학생이 과제 연구, 야외 조사, 과학관 견학과 같은 여러 가지 과학 활동에 참여할 수 있도록 계획한다.
  - 실험·실습에서 지속적인 관찰이 요구되는 내용을 지도할 때는 자료 준비, 관찰자, 관찰 내용 등에 관한 세부 계획을 미리 세운다.
  - 학생이 스스로 진로를 고려하여 과학 과목 이수 경로를 설계할 수 있도록 하고, 선택 과목 간 교육내용 연계 및 진로연계교육을 고려하여 지도계획을 수립한다.
  - 융합적 사고와 과학적 창의성을 계발하기 위해 내용 연계성을 고려하여 과목 내 영역이나 수학, 기술, 공학, 예술 등 다른 교과와 통합 및 연계하여 지도할 수 있도록 계획한다.
- (나) 강의, 실험, 토의·토론, 발표, 조사, 역할 놀이, 프로젝트, 과제 연구, 야외 조사, 과학관 견학과 같은 학교 밖 과학 활동 등 다양한 교수·학습 방법을 적절히 활용하고, 학생이 능동적으로 수업에 참여할 수 있도록 한다.
  - 학생의 지적 호기심과 학습 동기를 유발할 수 있도록 발문하고, 개방형 질문을 적극적으로 활용한다.
  - 교사 중심의 실험보다 학생 중심의 탐구 활동을 설계하고, 동료들과의 협업을 통해 과제를 해결하는 과정에서 상호 협력이 중요함을 인식하도록 지도한다.
  - 탐구 수행 과정에서 자신의 의견을 명확히 표현하고 다른 사람의 의견을 존중하는 태도를 가지

며, 과학적인 근거에 기초하여 의사소통하도록 지도한다.

- 모형을 사용할 때는 모형과 실제 자연 현상 사이에 차이가 있음을 이해할 수 있도록 한다.
- 과학 및 과학과 관련된 사회적 쟁점을 주제로 과학 글쓰기와 토론을 실시하여 과학적 사고력, 과학적 의사소통 능력 등을 함양할 수 있도록 지도한다.

(다) 학생의 디지털 소양 함양과 교수·학습 환경의 변화를 고려하여 교수·학습을 지원하는 다양한 디지털 기기 및 환경을 적극적으로 활용한다.

- ‘과학과제 연구’ 학습에 대한 학생의 이해를 돕고 흥미를 유발하며 구체적 조작 경험과 활동을 제공하기 위해 모형이나 시청각 자료, 가상 현실이나 증강 현실 자료, 소프트웨어, 컴퓨터 및 스마트 기기, 인터넷 등의 최신 정보통신기술과 기기 등을 실험과 탐구에 적절히 활용한다.
- 온라인 학습 지원 도구를 적극적으로 활용하여 대면 수업의 한계를 극복하고, 다양한 교수·학습 활동이 온라인 학습 환경에서도 이루어질 수 있도록 한다.
- 지능정보기술 등 첨단 과학기술 기반의 과학 교육이 이루어질 수 있도록 지능형 과학실을 활용한 탐구 실험·실습 중심의 교수·학습 활동 계획을 수립하여 실행한다.
- ‘과학 과제연구’ 관련 탐구 활동에서 다양한 센서나 기기 등 디지털 탐구 도구를 활용하여 실시간으로 자료를 측정하거나 공공기관에서 제공한 자료를 활용하여 자료를 수집하고 처리하는 기회를 제공한다.
- 학교 및 학생의 디지털 활용 수준 등을 고려하여 디지털 격차가 발생하지 않도록 유의한다.

(라) 학생의 ‘과학과제 연구’에 대한 흥미, 즐거움, 자신감 등 정의적 영역에 관한 성취를 높이고 ‘과학과제 연구’ 관련 진로를 탐색할 수 있는 교수·학습 방안을 강구한다.

- 과학 지식의 잠정성, 과학적 방법의 다양성, 과학 윤리, 과학·기술·사회의 상호 관련성, 과학적 모델의 특성, 과학의 본성과 관련된 내용을 적절한 소재를 활용하여 지도한다.
- 학습 내용과 관련된 첨단 과학기술을 다양한 형태의 자료로 제시함으로써 현대 생활에서 첨단 과학이 갖는 가치와 잠재력을 인식하도록 지도한다.
- 과학자 이야기, 과학사, 시사성 있는 최신 과학 내용 등을 도입하여 과학에 대한 호기심과 흥미를 유발한다.
- 학교의 지역적 특성을 고려하여 지역의 자연 환경, 지역 명소, 박물관, 과학관 등 지역별 과학 교육 자원을 적극적으로 활용한다.
- ‘과학과제 연구’ 관련 직업이나 다양한 활용 사례를 통해 학습과 진로에 대한 동기를 부여한다.

(마) 학생이 ‘과학과제 연구’ 교육과정에 제시된 탐구 및 실험·실습 활동을 안전하게 진행할 수 있는 환경을 조성한다.

- 실험 기구의 사용 방법, 화학 약품을 다룰 때 주의할 점과 안전 사항을 사전에 지도하여 사고가 발생하지 않도록 유의한다.
  - 야외 탐구 활동 및 현장 학습 시에는 사전 답사를 하거나 관련 자료를 조사하여 안전한 활동을 실행한다.
  - 실험 기구나 재료는 수업 이전에 충분히 준비하되, 실험 후 발생하는 폐기물은 적절한 절차에 따라 처리하여 환경을 오염시키지 않도록 유의한다.
  - 생물을 다룰 때는 생명을 아끼고 존중하는 태도를 가질 수 있도록 지도한다.
- (바) 범교과 학습, 생태전환교육, 디지털·인공지능 기초 소양 함양과 관련한 교육내용 중 해당 주제와 연계하여 지도할 수 있는 내용을 선정하여 함께 학습할 수 있도록 지도한다.
- (사) 학습 부진 학생, 특정 분야에서 탁월한 재능을 보이는 학생, 특수교육 대상 학생 등 모두를 위한 교육을 위해 학습자가 지닌 교육적 요구에 적합한 교수·학습 계획을 수립하여 지도한다.
- 학생의 능력과 흥미 등 개인차를 고려하여 학습 내용과 실험·실습 활동 등을 수정하거나 대체 활동을 마련하여 제공할 수 있다.
  - 특수교육 대상 학생의 학습 참여도를 높이기 위해 학습자의 장애 및 발달 특성을 고려하여 교과 내용이나 실험·실습 활동을 보다 자세히 안내하거나 학생이 이해할 수 있도록 적합한 대안을 제시할 수 있다.
- (아) 교육과정에서 제시된 성취기준에 학생이 도달할 수 있도록 하고, 최소 성취수준 보장을 위한 교수·학습 계획을 수립한다.
- 교수·학습 과정에서 학생의 성취 정도를 수시로 파악함으로써 교육과정 성취기준 도달 정도를 점검한다.
  - 교육과정 성취기준에 도달하지 못하는 학생을 위해서 별도의 학습 자료를 제공하는 등 최소 성취수준에 도달할 수 있도록 지도한다.

## 나. 평가

### (1) 평가의 방향

- (가) ‘과학과제 연구’에서의 평가는 교육과정 성취기준에 근거하여 실시하되, 평가 결과에 대한 환류를 통해 학생의 학습과 성장을 도울 수 있도록 계획하여 실시한다.

- (나) ‘과학과제 연구’ 교육과정상의 내용 체계와의 관련성을 고려하여 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 균형 있게 평가하되, 지식·이해 중심의 평가를 지양한다.
- (다) 학습 부진 학생, 특정 분야에서 탁월한 재능을 보이는 학생, 특수교육 대상 학생 등의 경우 적절한 평가 방법을 제공하여 교육적 요구에 맞는 평가가 이루어질 수 있도록 한다.
- (라) ‘과학과제 연구’ 학습 내용을 평가할 때, 온라인 학습 지원 도구 등 디지털 교육 환경을 활용한 평가 방안이나 평가 도구를 적극적으로 활용한다.

## (2) 평가 방법

- (가) ‘과학과제 연구’ 과목의 평가는 평가 계획 수립, 평가 문항과 도구 개발, 평가의 시행, 평가 결과의 처리, 평가 결과의 활용 등의 절차를 거쳐 실시한다.
- (나) 교수·학습 계획을 수립할 때, ‘과학과제 연구’ 교육과정 성취기준을 고려하여 평가의 시기나 방법을 포함한 평가 계획을 함께 수립한다.
  - 교수·학습과 평가를 유기적으로 연결하여, 학습 결과에 대한 평가뿐만 아니라 평가 과정이 학생 자신의 학습 과정이나 결과를 성찰할 기회가 되도록 한다.
  - 평가의 시기와 목적에 맞게 진단 평가, 형성 평가, 총괄 평가 등을 계획하여 실시한다.
  - 평가는 교수·학습의 목표와 성취기준에 근거하여 실시하고, 그 결과를 후속 학습 지도 계획 수립과 지도 방법 개선, 진로 지도 등에 활용한다.
  - 평가 결과를 바탕으로 학생 개별 맞춤형 환류를 제공하여 학생 스스로 평가 결과를 해석하고 학습 계획을 세울 수 있도록 한다.
- (다) 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 고르게 평가함으로써 ‘과학과제 연구’의 교수·학습 목표 도달 여부를 종합적으로 파악할 수 있도록 한다. 또한, 학습의 결과뿐만 아니라 학습의 과정도 함께 평가한다.
  - ‘과학과제 연구’의 과학의 과정, 과학적 연구 방법을 이해하고 적용하는 능력을 평가한다.
  - ‘과학과제 연구’의 과학적 탐구에 필요한 문제 인식 및 가설 설정, 탐구 설계 및 수행, 자료 수집분석 및 해석, 결론 도출 및 일반화, 의사소통과 협업 등과 관련된 과정·기능을 평가한다.
  - ‘과학과제 연구’에 대한 흥미와 가치 인식, 학습 참여의 적극성, 협동성, 과학적으로 문제를 해결하는 태도, 창의성 등을 평가한다.
- (라) ‘과학과제 연구’를 평가할 때는 학생의 학습 과정과 결과를 평가하기 위해 지필평가(선택형, 서술형, 논술형 등), 관찰, 실험·실습, 보고서, 면담, 구술, 포트폴리오, 자기 평가, 동

료 평가 등의 다양한 방법을 활용한다.

- 성취기준에 근거하여 평가 요소에 적합한 평가 상황을 설정하고, 타당한 평가 방법을 선정한다.
- 타당도와 신뢰도가 높은 평가를 위하여 가능하면 공동으로 평가 도구를 개발하여 활용한다.
- 평가 도구를 개발할 때는 창의융합적 문제해결력과 인성 및 감성 함양에 도움이 되는 소재나 상황들을 적극적으로 발굴하여 활용한다.
- 평가 요소에 따라 개별 평가와 모둠 평가를 실시하고, 자기 평가와 동료 평가도 활용할 수 있다.
- 디지털 교수·학습 환경을 고려하여 온라인 학습 지원 도구 등을 활용한 온라인 평가를 병행하여 활용할 수 있다.

(마) 학생들의 ‘과학과제 연구’ 교육과정 성취기준에 대한 도달 정도를 파악하기 위해 형성 평가를 실시하고, 그 결과를 바탕으로 최소 성취수준 보장을 위한 맞춤형 교수·학습 활동을 실시한다.

- 다양한 평가 도구를 활용하여 ‘과학과제 연구’ 교육과정에 근거한 최소 성취수준에 도달할 수 없는 학생을 사전에 파악함으로써 최소 성취수준 보장을 위한 조치를 취한다.
- 평가 결과를 학생의 ‘과학과제 연구’ 학습 성취수준에 대한 진단과 더불어 학생 맞춤형 보정 계획과 연계하도록 한다.

# 정보과학

## 1. 성격 및 목표

### 가. 성격

‘정보(Informatics)’과는 인공지능으로 정의되는 사회에서 데이터와 정보로 인한 디지털 세상의 변화를 인식하고, 정보의 사회적 가치를 탐구하며, 정보를 처리하는 다양한 원리와 기술에 기반한 컴퓨팅 사고력을 바탕으로 실생활 및 다양한 학문 분야의 문제를 해결하는 능력과 태도를 기르는 교과이다. ‘정보’는 디지털 대전환 시대의 국가사회적 요구에 부응하여, 컴퓨팅을 활용한 문제 해결을 위해 사회 구성원이 갖추어야 할 필수 역량을 제공한다. ‘정보’의 학문적 기저는 컴퓨터에서 처리되는 데이터와 정보의 원리, 컴퓨팅 시스템을 설계하고 구현하는 기술과 방법, 정보를 다루는 인간 사회에 대한 이해 등을 포괄하고 있다. 즉, ‘정보’는 컴퓨터과학뿐 아니라 데이터 과학, 인공지능, 정보기술, 정보시스템, 소프트웨어 공학 등의 분야를 포괄하는 정보학에 대한 기본 개념과 원리를 기반으로 다양한 학문 분야와 미래 사회의 문제를 해결하는 데 도움이 되는 지식과 기술을 함양한다. 교과와 이러한 특성은 사회 각 분야에서 요구되는 소프트웨어와 인공지능에 대한 기본 소양을 갖추고, 공학뿐만 아니라 자연과학, 인문·사회과학, 예술과 체육 등 다양한 학문 분야에서 문제를 창의적으로 해결하는 인재 양성에 도움을 준다.

‘정보과학’은 컴퓨터과학과 소프트웨어 공학에 대한 깊이 있는 학문적 이해를 바탕으로 디지털 사회의 복잡한 문제를 이해하고, 미래 사회에 발생 가능한 문제를 해결하는 데 도움이 되는 문제 분석, 구조화, 해결을 위한 알고리즘 설계가 프로그래밍을 통해 구체화되는 과정을 경험할 수 있게 한다. 소프트웨어에 대한 깊이 있는 학습을 기반으로 대학의 소프트웨어 관련 다양한 전공과 연계 되는 기초 지식을 습득하고, 컴퓨팅의 기본 개념과 원리, 컴퓨팅 시스템 등을 활용한 심도 있는 문제 해결 역량을 함양한다. 이를 통해 실세계 및 타 학문 분야의 문제를 융합적이고 창의적으로 해결할 수 있는 역량을 갖춘 디지털 민주시민으로 성장하게 된다.

## 나. 목표

고등학교 ‘정보과학’은 컴퓨터과학의 기본 개념과 원리, 컴퓨팅 기술을 기반으로 디지털 사회를 살아가는 데 필요한 기본 역량을 함양하고, 실생활에서 발생하는 문제와 다양한 학문 분야의 문제를 융합적으로 해결하기 위한 정보과학적 방법론을 습득하여 해결할 수 있는 능력을 기르는 데 중점을 둔다.

- (1) 문제를 해결하기 위한 프로그래밍 과정을 통해 정확하고 효율적으로 작동하는 소프트웨어를 개발할 수 있는 능력을 기른다.
- (2) 데이터의 처리를 위해 선행되어야 할 데이터의 구조에 대해 파악하고 효율적인 문제 해결을 위한 데이터 구조화의 가치를 파악하는 태도를 기른다.
- (3) 실생활 및 다양한 학문 분야의 문제를 해결하는 과정을 통해 알고리즘 설계 및 구현 능력을 기른다.
- (4) 컴퓨터과학의 기본 개념과 원리에 기반하여 타 학문 분야의 문제를 해결하기 위한 융합적 설계, 새로운 방법론 활용 등의 능력을 기른다.

## 2. 내용 체계 및 성취기준

### 가. 내용 체계

#### (1) 프로그래밍

|         |                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                      |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 핵심 아이디어 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 프로그래밍을 통한 자동화는 다양한 학문 분야의 문제를 해결하는 데 도움을 준다.</li> <li>• 효율적인 프로그래밍을 가능하게 하는 함수는 프로그램의 간결화, 재사용성 측면에서 활용된다.</li> <li>• 프로그램 개발은 협력이 필요하며, 공유하는 문화를 통해 더 좋은 프로그램이 개발된다.</li> </ul> |                                                                                                                      |
| 범주      | 구분                                                                                                                                                                                                                        | 내용 요소                                                                                                                |
| 지식·이해   |                                                                                                                                                                                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 함수 정의와 호출</li> <li>• 재귀관계와 재귀함수</li> </ul>                                  |
| 과정·기능   |                                                                                                                                                                                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 매개변수를 활용한 함수 프로그램 작성하기</li> <li>• 문제 해결을 위한 재귀관계 파악 및 재귀함수 구현하기</li> </ul>  |
| 가치·태도   |                                                                                                                                                                                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 재귀구조의 가치를 이해하고 적극적으로 활용하는 자세</li> <li>• 문제 해결에 새로운 아이디어를 적용하는 자세</li> </ul> |

#### (2) 데이터 구조

|         |                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                         |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 핵심 아이디어 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 문제에 따라 해결에 적합한 데이터 구조를 선택하는 것이 중요하다.</li> <li>• 데이터들의 관계를 파악하고, 특성에 맞도록 구조화하는 것은 문제를 효율적으로 해결하는 데 도움을 준다.</li> </ul> |                                                                                                                                                                                                         |
| 범주      | 구분                                                                                                                                                            | 내용 요소                                                                                                                                                                                                   |
| 지식·이해   |                                                                                                                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 스택과 큐</li> <li>• 트리와 그래프</li> </ul>                                                                                                                            |
| 과정·기능   |                                                                                                                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 순차적인 데이터 구조를 이용하여 스택, 큐 구현하기</li> <li>• 스택, 큐를 활용하여 해결할 수 있는 문제 탐색하기</li> <li>• 인접행렬과 인접리스트로 트리, 그래프 구현하기</li> <li>• 트리, 그래프를 활용하여 해결할 수 있는 문제 탐색하기</li> </ul> |
| 가치·태도   |                                                                                                                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 데이터 구조화를 통해 문제를 해결하는 태도</li> <li>• 효율적 문제 해결을 위한 데이터 구조화의 중요성 인식</li> </ul>                                                                                    |

### (3) 알고리즘

|         |                                                                                                                                                                                                                             |       |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 핵심 아이디어 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 자동화를 고려해 설계된 알고리즘은 컴퓨터가 이해할 수 있는 언어로 구현되어 문제 해결에 도움을 준다.</li> <li>• 문제를 효율적으로 해결하기 위해서는 적합한 알고리즘 설계 전략을 선택하는 것이 중요하다.</li> <li>• 알고리즘 효율을 개선하기 위해 알고리즘의 성능을 정량적으로 분석한다.</li> </ul> |       |
| 범주      | 구분                                                                                                                                                                                                                          | 내용 요소 |
| 지식·이해   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 탐색기반 알고리즘</li> <li>• 관계기반 알고리즘</li> <li>• 알고리즘 복잡도</li> </ul>                                                                                                                      |       |
| 과정·기능   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 문제 상태 공간을 탐색하고, 알고리즘 설계하기</li> <li>• 문제를 분해하고, 모델링하기</li> <li>• 빅오 표기법으로 알고리즘 성능 비교하기</li> </ul>                                                                                   |       |
| 가치·태도   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 문제 해결 상황에 적절한 알고리즘을 적용하는 유연한 태도</li> <li>• 정량적인 분석을 통해 알고리즘의 성능을 객관적으로 평가하는 자세</li> </ul>                                                                                          |       |

### (4) 정보과학 프로젝트

|         |                                                                                                                                                                                                                     |       |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 핵심 아이디어 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 정보과학 프로젝트를 수행하는 것은 다양한 학문 분야의 문제를 컴퓨팅 관점에서 해결하는 데 필요하다.</li> <li>• 프로젝트를 수행할 때, 오픈소스의 활용, 수행된 프로젝트의 공유, 다양한 사람들과의 협업 등은 더 좋은 사회를 만드는 데 도움을 준다.</li> </ul>                  |       |
| 범주      | 구분                                                                                                                                                                                                                  | 내용 요소 |
| 지식·이해   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 문제 발견</li> <li>• 프로젝트 설계</li> <li>• 오픈소스와 공유</li> <li>• 테스트와 디버깅</li> </ul>                                                                                                |       |
| 과정·기능   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 다양한 학문 분야에서 컴퓨터과학의 원리를 바탕으로 해결 가능한 문제 탐색하기</li> <li>• 문제를 분석하고, 문제 해결을 위한 프로젝트 설계하기</li> <li>• 공유된 오픈소스를 활용하여 문제를 해결하는 프로그램 작성하기</li> <li>• 프로젝트 산출물을 평가하고 공유하기</li> </ul> |       |
| 가치·태도   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 협력적으로 문제를 해결하고 공유하는 태도</li> <li>• 프로젝트를 수행하는 과정에서 윤리 문제 등 사회적 영향 인식</li> </ul>                                                                                             |       |

## 나. 성취기준

### (1) 프로그래밍

- [12정과01-01] 함수 정의와 호출의 원리를 이해하고, 매개변수를 활용한 함수 프로그램을 작성한다.
- [12정과01-02] 주어진 문제에서 적용할 수 있는 재귀관계를 파악하고, 재귀구조를 활용하여 프로그램을 작성한다.
- [12정과01-03] 반복구조와 재귀구조를 활용하여 문제를 해결하고, 두 방식의 차이를 비교분석한다.

#### (가) 성취기준 해설

- [12정과01-02] 많은 알고리즘의 코드가 재귀적으로 구성되어 있고 재귀구조를 통해 높은 수준의 생산성을 기대할 수 있다. 문제 내에서 재귀관계를 파악할 때는 수학적 귀납법을 활용할 수 있음을 이해하고, 문제 해결책을 재귀구조를 활용하여 설계하고 프로그래밍할 수 있어야 한다. 또한, 이후의 학습 내용이 많은 부분 재귀구조와 관련되어 있음을 판단할 수 있어야 한다.
- [12정과01-03] 재귀구조와 반복구조는 문제 해결책을 설계하는 방법이나 코드의 표현에 있어서 서로 다른 지향점을 갖는다. 특정한 문제를 해결할 때 재귀구조를 사용하여 프로그래밍하는 것과 반복구조를 사용하여 프로그래밍하는 방식의 차이를 구체적으로 비교하여 설명할 수 있어야 한다.

#### (나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 수학적 귀납법을 적용할 때 주어진 명제를 수학적으로 증명하는 과정을 설명하는 방법보다는 귀납 가정 부분이 재귀함수 호출과 어떤 관계가 있는지를 다양한 예를 통해서 이해할 수 있도록 하여 실제 문제를 해결할 때 재귀구조를 활용할 수 있음을 인식하도록 한다.
- 최소 성취수준을 보장하기 위해 주어진 문제로부터 재귀관계를 파악하지 못하더라도 반복구조로 작성된 프로그램을 재귀함수로 변환하여 구현하는 방식의 활동을 제공하도록 한다.

### (2) 데이터 구조

- [12정과02-01] 스택과 큐의 원리를 이해하고, 순차적인 데이터 구조를 이용하여 스택과 큐를 구현한다.
- [12정과02-02] 스택, 큐를 활용하여 문제를 효율적으로 해결하는 프로그램을 작성한다.
- [12정과02-03] 인접행렬과 인접리스트를 활용하여 트리와 그래프를 구현한다.
- [12정과02-04] 트리, 그래프를 활용하여 문제를 효율적으로 해결하는 프로그램을 작성한다.

(가) 성취기준 해설

- [12정과02-01] 선입선출, 후입선출 구조를 활용하면 복잡한 문제를 간단하게 해결할 수 있음을 이해할 수 있어야 한다. 프로그래밍 언어의 특성에 따라 배열이나 리스트를 활용하여 대표적인 선입선출, 후입선출 구조인 스택과 큐를 구현하고 문제를 해결하는 데 활용할 수 있어야 한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 스택과 큐를 배열이나 리스트로 구현하는 활동을 통하여 원리를 이해할 수 있도록 하고, 이후 진행되는 문제 해결 활동에서는 프로그래밍 언어별로 활용 가능한 스택과 큐의 라이브러리를 활용하여 구현하는 방법도 활용하도록 한다.
- 인접리스트는 트리와 그래프를 만드는 도구로서의 활용이 목적이므로 구조체와 포인터 등으로 직접 구현하는 방법보다는 프로그래밍 언어별로 제공하는 벡터(vector)와 같은 라이브러리를 이용하여 구현하는 방법도 활용하도록 한다.
- 데이터 구조의 원리를 이해하고 구현하는 과정이 궁극적으로는 문제를 효율적으로 해결하는 방법임을 이해하고 학습을 진행하는 것이 필요하다. 따라서 데이터 구조를 활용한 실생활의 문제 해결 활동과 예제를 제공하는 방식으로 교수·학습을 구성하고 해당 맥락에서 데이터 구조를 활용하는 능력을 향상하도록 한다.

(3) 알고리즘

- [12정과03-01] 문제를 분석하여 상태 공간으로 구조화하고, 상태 공간을 모두 탐색하여 문제를 해결하는 알고리즘을 설계한다.
- [12정과03-02] 문제의 상태 공간 일부를 배제하는 알고리즘을 설계하고, 기존의 탐색기반 알고리즘과 비교·분석한다.
- [12정과03-03] 전체 문제를 부분 문제로 분해하고, 전체 문제와 부분 문제의 관계를 발견한다.
- [12정과03-04] 부분 문제를 해결한 결과를 이용하여 전체 문제를 해결하는 알고리즘을 설계한다.
- [12정과03-05] 부분 문제가 중복으로 적용되지 않는 알고리즘을 설계하고 기존의 관계기반 알고리즘과 비교·분석한다.
- [12정과03-06] 알고리즘의 복잡도를 빅오 표기법으로 표현하고 다른 알고리즘과 비교한다.

(가) 성취기준 해설

- [12정과03-02] 상태 공간 일부를 배제하고도 정확한 답을 구할 수 있는 분기한정법과 탐욕법 등의 알고리즘 설계 방법이 상태 공간을 배제하는 원리를 설명하고, 이를 활용하여 문제를

해결할 수 있는 알고리즘을 설계할 수 있어야 한다.

- [12정과03-04] 퀵 정렬, 합병 정렬 등을 활용하여 분할정복법이 문제를 해결하는 원리를 이해하고, 분할정복법을 활용하여 해결할 수 있는 문제를 탐색하여 해결 알고리즘을 설계할 수 있어야 한다.
- [12정과03-05] 배열 등을 활용하여 중복으로 계산되는 부분 문제들의 답을 저장하여 효율을 높이는 동적계획법의 원리를 설명하고, 이를 활용하여 문제를 해결하는 알고리즘을 설계할 수 있어야 한다. 동적계획법과 분할정복법을 기반으로 한 알고리즘 간의 차이를 여러 측면에서 설명할 수 있어야 한다.

#### (나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 탐색으로 알고리즘을 설계하는 방법은 인공지능 분야의 탐색과 추론영역과 연계됨을 인식하고 교수·학습을 구성할 때 관련된 용어가 명확하게 사용되는지 유의하도록 한다.
- 알고리즘 영역에서 제시되는 구체적인 알고리즘은 정보학의 문제 해결 과정에서 중요하게 활용되고 있음을 이해할 수 있도록 실제적인 예시를 통해 교수·학습을 구성하도록 한다. 이때 실제 알고리즘이 적용된 프로그램이나 시각적인 자료를 통해 학습자가 더욱 직관적으로 효율성을 인식하도록 구성하는 방식도 고려할 수 있다.
- 알고리즘을 적용한 프로그램의 평가 시 알고리즘의 효과성과 효율성을 종합적으로 평가하도록 한다. 특히 다양한 프로그램 환경이나 데이터를 활용하여 설계한 알고리즘이 동일하게 효율적으로 작동하는지를 평가하여 학습 내용이 확장·전이되었는지를 확인하도록 한다.
- 최소 성취수준을 보장하기 위하여 알고리즘을 경험할 수 있는 다양한 시뮬레이션 자료를 제공하고, 프로그래밍 언어가 제공하는 라이브러리 활용 방법을 안내하여 최소한의 알고리즘 적용 활동을 진행할 수 있도록 한다.

#### (4) 정보과학 프로젝트

- [12정과04-01] 다양한 학문 분야에서 컴퓨터과학의 기본 개념과 원리를 바탕으로 해결할 수 있는 실생활의 문제를 발견한다.
- [12정과04-02] 발견한 문제를 분석하고, 문제를 해결하기 위한 프로젝트 수행 과정을 설계한다.
- [12정과04-03] 다양한 오픈소스 및 라이브러리를 활용하여 협력적으로 문제를 해결하기 위한 프로그램을 작성한다.
- [12정과04-04] 완성도 높은 프로그램을 구현하기 위하여 테스트와 디버깅 과정을 통해 검증한다.
- [12정과04-05] 프로젝트의 산출물을 기능적, 윤리적 관점에서 평가하고 결과를 공유한다.

#### (가) 성취기준 해설

- [12정과04-02] 프로젝트 수행 과정은 프로그래밍을 활용한 문제 해결 절차 즉, 문제 분석

및 구조화, 효율적으로 해결할 수 있는 알고리즘 설계, 프로그래밍을 통한 자동화, 그리고 검증하는 단계까지 포함하고 있음을 이해하고, 절차에 맞게 문제 해결 과정을 설계할 수 있어야 한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 실생활의 다양한 문제를 발견하는 활동에서는 환경, 생태, 자연의 위기 등 생태 관련 주제도 포함될 수 있음을 안내하고, 이를 효율적으로 해결하는 것은 에너지 절약을 비롯한 환경을 보호하는 것과 관계가 있음을 인식할 수 있도록 한다.
- 프로젝트 활동은 주어진 문제를 해결하기 위한 알고리즘 설계 및 프로그래밍 과정을 포함하도록 교수·학습을 구성하며 주제 선정, 프로그래밍 언어 선정 등의 절차는 학습자 간의 협의를 통하여 민주적 절차로 이루어질 수 있도록 한다.
- 프로젝트를 해결하는 과정은 가능한 모듈별로 진행하고, 자신이 맡은 역할에 충실한 방식으로 협업이 원활하게 진행되도록 교사가 중재하도록 한다. 프로그래밍 과정에서는 세부적인 기능들을 모두 구현하는 것보다는 공개된 프로그램 코드나 프로그래밍 언어에서 제공하는 라이브러리를 적극적으로 활용하여, 목표로 하는 기능을 충분히 구현하고 프로젝트 과제를 해결할 수 있도록 한다.
- 프로젝트 주제에 따라 목적에 맞는 소프트웨어를 제작하는 활동이나 특정 문제를 해결하는 알고리즘을 설계하는 등 다양한 수준의 활동이 가능함을 이해하고 학생들의 역량과 환경에 따라 적절한 형태로 운영할 수 있도록 다양한 사례를 제시하고 활용하도록 한다.

### 3. 교수·학습 및 평가

#### 가. 교수·학습

##### (1) 교수·학습의 방향

- (가) 실제적인 삶의 맥락에서 컴퓨팅을 통해 문제를 해결하도록 하는 학습 과제를 제시하여 학습자가 과제를 스스로 해결하는 과정에서 자연스럽게 컴퓨팅 사고력, 디지털 문화 소양, 인공지능 소양을 함양할 수 있도록 지도한다.
- (나) 학습자의 흥미와 다양성을 고려하여 학습 소재, 학습 환경 및 학습 과정에 대한 선택의 기회를 제공하고, 교수·학습의 설계 과정에 학습자 참여 기회를 증진하는 등 학습자 맞춤형 교수·학습을 통해 역량 함양을 위한 깊이 있는 학습 지도 방안을 구성한다.

(다) 정보과학 과목의 지식·이해, 과정·기능을 활용하여 민주시민교육, 생태전환 교육 등 현 시대가 당면한 여러 사회문제와 더불어 지속가능발전 등의 범교과 주제를 교수·학습 과제로 제시하여 주도성 있는 문제 해결 경험을 제공한다.

(라) ‘정보과학’ 과목의 교수·학습은 컴퓨터과학 분야의 깊이 있는 이해를 바탕으로 문제를 효율적으로 해결하는 역량을 향상하는 데 중점을 둔다. 또한 ‘정보과학’ 과목 내의 내용 영역, 다른 교과 및 비교과 활동과의 융합을 통해 정보 관련 역량의 확장을 꾀하고 학생의 역량이 다양한 분야에 전이될 수 있도록 한다.

## (2) 교수·학습 방법

(가) 컴퓨팅 사고력 및 인공지능 소양을 함양하기 위해 문제기반학습, 프로젝트 기반학습, 디자인기반학습, 탐구학습 등 각 영역의 핵심 아이디어를 습득하는 데 적절한 교수·학습 방법을 선택하여 활용한다.

(나) 학습자 개인별로 학습하는 속도가 다양할 수 있음을 고려하고, 최소 성취수준을 보장할 수 있도록 학습관리시스템(LMS)을 활용하여 온라인 학습자료를 제작 및 제공함으로써 학습 격차를 최소화하도록 노력한다.

(다) 개인적인 발전과 함께 협력적인 문제 해결력을 기르기 위해 프로젝트 학습 시에는 모두 프로젝트, 짝 프로그래밍, 집단 탐구(GI) 등 목표 달성을 위한 적절한 협력적 교수·학습 방법을 선택하여 활용한다.

(라) 디지털 교육 환경에 적응할 수 있도록 온·오프라인 연계 수업, 다양한 디지털 도구의 활용 등을 통해 디지털 도구에 대한 인지적 부담은 최소화하고, 활용에 대한 경험은 높일 수 있도록 수업을 구성한다.

(마) ‘정보과학’ 과목에 포함된 내용 영역과 연계된 진로 및 직업을 안내하고 학생이 자신의 진로를 탐색할 수 있도록 교수·학습 과정을 구성한다.

## 나. 평가

### (1) 평가의 방향

(가) 평가 항목은 컴퓨팅 사고력, 디지털 문화 소양, 인공지능 소양의 하위 요소를 기반으로 구체화한다.

- (나) 평가 내용은 지식·이해뿐 아니라, 과정·기능, 가치·태도의 측면 등을 다면적으로 반영하고 과정을 중시하는 평가를 통해 학생의 성장과 발달을 돕는 평가를 실현한다.
- (다) 구체적인 평가 루브릭을 학생과 함께 구성하는 과정을 통해 학생이 자신의 학습 수준을 파악하고 스스로 학습을 성찰할 수 있는 기회를 제공하여, 적극적이고 능동적인 학습이 이루어지도록 한다.
- (라) 단순하고 지엽적인 지식의 평가보다는 문제를 해결하는 과정을 통합적으로 관찰하고 평가할 수 있는 계획을 수립한다.
- (마) 개념적이거나 기능적으로 명확하게 파악할 수 있는 부분은 정량적 평가를 실시하고, 결과물의 품질이나 심미적 부분을 평가할 때는 정성적 평가를 실시한다.

## (2) 평가 방법

- (가) 성취기준을 분석하고 재구성하여 지필평가에 국한하지 않고, 학생의 성장에 기여할 수 있는 평가 포트폴리오를 계획한다. 예를 들면, 관찰 평가, 서술형평가, 수행평가 등을 활용하거나, 자기 평가, 동료 평가 등과 같은 다면적 평가를 실행한다.
- (나) 평가 내용이나 방법에 따라 다양한 디지털 도구(프로그램 자동 평가시스템(online judge 등), 학습관리시스템(LMS) 등)을 활용할 수 있으며, 평가 이전에 학생이 디지털 도구를 다룰 수 있도록 교육하여 평가의 불이익이 없도록 계획한다.
- (다) 알고리즘을 평가할 때 가능하면 프로그램 자동 평가시스템을 활용하여 컴퓨팅 시스템에서 실제로 구현되는 결과를 평가하도록 하며, 해당 방법을 활용하기 어려운 경우 대표성을 지니는 데이터를 선정하여 평가 문항과 루브릭을 구성하고, 지필평가나 수행평가의 형태로 평가를 진행하여 공정한 평가가 되도록 한다.



# 과학 계열 선택 중심 교육과정

-융합 선택 과목-



# 물리학 실험

## 1. 성격 및 목표

### 가. 성격

‘물리학 실험’은 역학, 전자기, 광학, 현대 물리와 관련된 다양한 주제의 실험을 설계하고 수행하여 물리 현상에 대한 이해를 심화하고 실생활에 응용할 수 있는 과학적 소양과 창의성을 함양하기 위한 과목이다.

‘물리학 실험’은 고등학교 일반선택 과목인 ‘물리학’, 진로 선택 과목인 ‘역학과 에너지’, ‘전자기와 양자’, 과학계열 진로 선택 과목인 ‘고급 물리학’ 과목과 긴밀하게 연계된다.

‘물리학 실험’은 물리 실험의 기초, 역학, 전자기학, 광학, 현대 물리 5개의 영역으로 구성된다. 물리 실험의 기초 영역에서는 표준화된 측정 도구를 사용하여 물리량을 측정하고 이 과정에서 발생하는 오차를 처리하는 방법을 다룬다. 역학 영역에서는 다양한 형태의 운동과 에너지를 분석하고, 열역학과 관련된 실험을 설계하고 수행한다. 전자기학 영역에서는 전기장과 전위를 확인하고, 실험을 통해 여러 가지 전기 회로의 특성을 분석한다. 광학 영역에서는 파동의 다양한 성질을 확인하고, 거울, 렌즈, 슬릿 등을 이용하여 빛의 성질을 확인하는 실험을 수행한다. 현대 물리 영역에서는 광전효과 실험을 통해 빛의 입자성을 확인하고, 원자의 구조를 밝혀내는 다양한 실험을 다룬다. 이 과정에서 첨단 고급 물리 실험 기기, 마이크로프로세서 기반 실험, 물리 시뮬레이션을 이용한 실험을 적극적으로 활용하여 복잡한 문제를 능동적이고 창의적으로 해결하는 미래 핵심역량을 함양할 수 있도록 한다.

미래 사회는 첨단 과학기술을 기반으로 혁신적인 융복합 영역이 창출되는 사회로, 과학적 문제 해결력과 창의성을 발휘하는 전문가 집단과 과학적 소양을 갖춘 시민이 함께 이끄는 사회이다. ‘물리학 실험’에서는 물리학 분야의 전공과목을 이수하는 데 필요한 탐구 수행을 통해 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도의 세 차원을 상호보완적으로 함양함으로써 영역별 핵심 아이디어에 도달하고, 행위 주체로서 갖추어야 할 과학적 소양을 기를 수 있을 것이다.

## 나. 목표

물리 현상에 대해 흥미와 호기심을 가지고 자연 현상 속에 있는 규칙성과 아름다움을 발견하고, 물리학의 핵심 개념에 대한 이해를 바탕으로 다양한 탐구와 문제해결 과제를 수행하여, 물리학과 관련된 다양한 문제를 창의적이고 자기 주도적으로 해결하는 과학적 소양과 역량을 기른다.

- (1) 물리학 학습에 흥미와 호기심을 가지고, 자연 현상 및 첨단 과학기술과 관련된 문제를 과학적으로 해결하려는 태도를 기른다.
- (2) 물리학의 탐구 방법을 이해하고 자연 현상 및 일상생활과 관련된 문제를 과학적이고 창의적으로 탐구하려는 능력을 기른다.
- (3) 물리 개념의 심화 내용을 체계적으로 이해하고, 자연 현상 및 첨단 과학기술과 관련된 문제 해결에 이를 적용한다.
- (4) 물리학에서 현재 연구되고 있는 분야를 이해하고, 책임 있는 민주시민이 갖추어야 할 과학적 소양과 역량을 기른다.

## 2. 내용 체계 및 성취기준

### 가. 내용 체계

|         |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |       |
|---------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 핵심 아이디어 |           | <ul style="list-style-type: none"><li>• 모든 실험은 측정에서 시작하며, 실제 실험을 수행하면서 측정을 하면 여러 원인으로 오차가 발생하고, 이를 고려하여 실험 결과를 해석하고 결론을 내리는 것은 중요한 과정이다.</li><li>• 역학은 물체 사이에 작용하는 힘과 운동의 관계를 다루는 학문으로, 실험을 통한 정량적인 측정을 통해 확립되었다.</li><li>• 전자기학은 전기와 자기 현상을 탐구하는 학문으로, 실험에 기초하여 이론적으로 발전하고 완성되었으며 현대 첨단 기술의 기반이 된다.</li><li>• 광학은 빛의 거동과 특성을 연구하고 응용하는 물리학의 한 분야로, 빛을 광선으로 취급하거나 파동으로 취급하는 이론으로 실험 결과를 해석할 수 있다.</li><li>• 현대 물리는 원자의 구조와 빛에 대한 새로운 이해에서 시작되었으며, 몇 가지 결정적인 실험이 현대 물리 이론 형성에 중요한 역할을 하였다.</li></ul> |       |
| 범주      |           | 구분                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 내용 요소 |
| 지식·이해   | 물리 실험의 기초 | <ul style="list-style-type: none"><li>• 측정의 오차와 유효 숫자</li><li>• 추세선과 자료의 해석</li><li>• 컴퓨터와 센서의 활용</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |       |
|         | 역학        | <ul style="list-style-type: none"><li>• 마찰력 측정</li><li>• 중력 가속도 측정</li><li>• 원운동 분석</li><li>• 운동량 보존</li><li>• 진자의 주기 운동과 역학적 에너지 보존</li><li>• 얼음의 융해열</li><li>• 열의 일당량 측정</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |       |
|         | 전자기학      | <ul style="list-style-type: none"><li>• 저항과 휘트스톤 브리지</li><li>• 자기장 속에서 전류가 받는 힘</li><li>• 유도 기전력</li><li>• RL, RC 회로와 시간 상수</li><li>• RLC 회로의 교류 특성</li><li>• 다이오드와 정류 회로의 설계</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |       |
|         | 광학        | <ul style="list-style-type: none"><li>• 정상파와 공명</li><li>• 거울과 렌즈에 의한 상</li><li>• 빛의 굴절과 전반사</li><li>• 이중 슬릿에 의한 빛의 간섭</li><li>• 빛의 회절</li><li>• 편광</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |       |
|         | 현대 물리     | <ul style="list-style-type: none"><li>• 광전효과</li><li>• 음극선의 성질</li><li>• 전하의 비전하</li><li>• 전자의 에너지 준위</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |       |
| 과정·기능   |           | <ul style="list-style-type: none"><li>• 물리 현상과 자료로부터 문제를 인식하고 가설을 설정하기</li><li>• 변인을 조작적으로 정의하여 실험 설계하기</li><li>• 표준화된 측정 도구를 사용하여 정보를 수집·기술하기</li><li>• 실험 결과를 체계적으로 정리하고 오차를 해석하기</li><li>• 실험 결과와 과학적 사고에 근거하여 자료를 분석·평가하기</li><li>• 증거를 바탕으로 물리학의 법칙과 이론을 해석하고 주장하기</li></ul>                                                                                                                                                                                                                   |       |
| 가치·태도   |           | <ul style="list-style-type: none"><li>• 과학의 심미적 가치</li><li>• 과학 유용성</li><li>• 자연과 과학에 대한 감수성</li><li>• 과학 창의성</li><li>• 과학 활동의 윤리성</li><li>• 과학 문제 해결에 대한 개방성</li><li>• 안전·지속가능 사회에 기여</li><li>• 과학 문화 향유</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                 |       |

## 나. 성취기준

### (1) 물리 실험의 기초

- [12물실01-01] 측정 계기의 정확도와 정밀도를 이해하고, 오차의 원인과 종류, 오차의 전파를 설명할 수 있으며, 유효 숫자의 의미를 이해하고 적절하게 사용할 수 있다.
- [12물실01-02] 최소 제곱법을 이용한 추세선과 신뢰구간을 그래프로 표현할 수 있다.
- [12물실01-03] 오실로스코프 장치의 사용법을 알고, 함수 발생기를 연결하여 파형을 분석할 수 있다.
- [12물실01-04] 컴퓨터와 각종 센서를 이용하는 실험을 수행하고 측정된 자료를 처리할 수 있다.

#### (가) 성취기준 해설

- [12물실01-01] 모든 실험은 측정에서 시작하며, 실험을 수행하면서 측정을 하면 측정 범위, 정밀도, 감도 등의 한계로 항상 오차가 발생한다는 것을 이해하도록 한다. 오차 분석을 바탕으로 한 데이터 정리, 그래프, 표 등 자료 처리 등은 실험 보고서 작성에서 빠질 수 없다는 점을 설명한다.
- [12물실01-04] 운동 센서, 포토게이트, 힘 센서, 전압 센서, 전류 센서 등 다양한 종류의 센서를 활용하는 간단한 실험을 설계하여 수행하도록 한다.

#### (나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 고등학교 ‘통합과학1’의 과학의 기초와 연계된다.
- 물리학 실험에서 측정은 가장 기본적인 역량이며, 측정에서 오차 분석은 매우 중요하다는 것을 이해하도록 지도한다.
- 마이크로프로세서 기반 장치, MBL 장치 등을 이용하여 물리 실험을 수행하는 기본적인 방법을 익히도록 지도한다.

### (2) 역학

- [12물실02-01] 시간에 따른 물체의 속도와 가속도를 측정하여 등가속도 직선 운동을 해석할 수 있다.
- [12물실02-02] 일정한 크기의 힘이 물체에 작용할 때 질량과 가속도 사이의 관계를 실험으로 확인할 수 있다.
- [12물실02-03] 두 물체 사이의 접촉면의 성질에 따른 마찰력의 크기를 실험을 통해 비교할 수 있다.
- [12물실02-04] 실험을 통해 중력 가속도를 측정할 수 있다.
- [12물실02-05] 원운동 하는 물체의 구심력과 관련된 물리량을 실험을 통해 확인할 수 있다.
- [12물실02-06] 진자의 주기에 영향을 주는 요인을 실험을 통해 확인할 수 있다.

- [12물실02-07] 두 물체가 접촉하고 있다가 서로 밀어서 떨어질 때 총 운동량이 보존됨을 실험을 통해 확인할 수 있다.
- [12물실02-08] 용수철 진자 실험을 통해 역학적 에너지가 보존됨을 확인할 수 있다.
- [12물실02-09] 열량계를 이용해 얼음의 용해열을 측정하고, 물의 상태 변화에 따른 온도 변화를 설명할 수 있다.
- [12물실02-10] 줄의 실험 장치를 이용하여 열의 일당량을 측정할 수 있다.

#### (가) 성취기준 해설

- [12물실02-04] 스마트폰, 마이크로프로세서 기반 장치 등을 활용하여 자유 낙하하는 물체와 포물선 운동하는 물체의 운동을 분석하여 중력 가속도를 측정한다.
- [12물실02-05] 원운동의 주기를 측정할 수 있고 원운동의 주기와 구심력, 반지름과의 관계를 이해하도록 한다.
- [12물실02-09] 얼음의 용해열을 측정할 때 온도계 대신 정확한 실험을 위해 MBL 온도 센서를 사용하여 시간에 따른 온도 그래프를 얻을 수 있도록 한다.

#### (나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군 ‘힘의 작용’, 고등학교 ‘통합과학1’의 시스템과 상호 작용, ‘물리학’의 힘과 에너지, ‘역학과 에너지’의 시공간과 운동 및 열과 에너지, ‘고급 물리학’의 역학과 연계된다.
- 학생들이 역학과 관련된 다양한 실험을 직접 설계하고 측정하고 결과를 정리하는 과정을 통해 역학에 대한 개념을 확립하도록 한다.
- 역학 실험에서는 마이크로프로세서 기반 실험, MBL 기반의 실험 장치 등을 적극적으로 활용하여 학생들이 흥미를 갖고 탐구할 수 있도록 한다.

### (3) 전자기학

- [12물실03-01] 회로 시험기를 이용하여 다양한 전하 분포에 의한 등전위선을 그릴 수 있다.
- [12물실03-02] 간이 축전기를 만들어 두 극판 사이의 거리 및 면적에 따른 전기 용량의 변화를 측정할 수 있다.
- [12물실03-03] 전압, 전류, 저항 사이의 관계를 알아보는 실험을 설계하여 수행할 수 있다.
- [12물실03-04] 건전지 내부 저항의 크기를 측정하는 실험을 설계하여 수행할 수 있다.
- [12물실03-05] 휘트스톤브리지를 이용하여 미지 저항체의 전기 저항 값을 측정할 수 있다.
- [12물실03-06] 자기장 속에서 전류가 흐르는 도선이 받는 힘의 크기와 방향에 영향을 주는 요인을 실험을 통해 확인할 수 있다.

[12물실03-07] 코일에 발생하는 유도 기전력의 크기와 방향에 영향을 주는 요인을 실험을 통해 확인할 수 있다.

[12물실03-08] RC, RL 직렬 회로에서 시간 상수를 측정하는 실험을 설계하여 수행할 수 있다.

[12물실03-09] RLC 회로의 특성을 실험을 통해 확인할 수 있다.

[12물실03-10] p-n 접합 다이오드의 정류 특성을 실험을 통해 확인하고 정류 회로를 만들 수 있다.

#### (가) 성취기준 해설

- [12물실03-01] 긴 직선 도선 사이의 등전위선과 전기력선의 실험 결과로부터 평면 전하 사이의 등전위면과 전기력선으로 사고를 확장한다.
- [12물실03-10] 실험 결과를 바탕으로 다이오드를 응용하는 다양한 사례를 조사·토의하도록 한다.

#### (나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군 ‘전기와 자기’, 고등학교 ‘통합과학1’의 물질과 규칙성, ‘통합과학2’의 환경과 에너지, ‘물리학’의 전기와 자기, ‘전자기와 양자’의 전자기적 상호 작용, ‘고급 물리학’의 전자기학과 연계된다.
- 학생들이 실험을 통해 전자기 현상을 종합적으로 이해하고 스스로 응용하는 능력을 키울 수 있도록 다양한 실험으로 구성한다.
- 전자기 실험에서는 마이크로프로세서 기반 실험, MBL 기반의 실험 장치 등을 적극적으로 활용하여 정확하고 정밀한 측정을 하도록 지도한다.
- 전기를 다루는 실험에서는 과전류로 인한 감전 및 화재 사고에 유의하도록 지도한다.

#### (4) 광학

[12물실04-01] 정상파와 공명 현상이 일어나는 조건을 실험을 통해 확인할 수 있다.

[12물실04-02] 구면 거울에 의해 상이 형성되는 원리를 실험을 통해 확인할 수 있다.

[12물실04-03] 빛이 매질의 경계면에서 굴절하는 현상을 관찰하여 매질의 굴절률을 구하고 전반사의 조건을 찾을 수 있다.

[12물실04-04] 렌즈에 의한 상을 관찰하고, 이를 분석하여 렌즈 방정식을 확인할 수 있다.

[12물실04-05] 레이저를 이용해 이중 슬릿에 의한 빛의 간섭 현상을 관찰하고, 이를 분석하여 빛의 파장을 구할 수 있다.

[12물실04-06] 슬릿의 폭과 간격, 빛의 파장에 따라 무늬가 어떻게 나타나는지 관측하고 변인 관계를 수식으로 표현할 수 있다.

[12물실04-07] 편광에 의해 나타나는 현상을 실험으로 확인할 수 있다.

(가) 성취기준 해설

- [12물실04-01] 마이크로프로세서 기반의 음파발생장치와 공기 기둥 공명 실험 장치를 이용한 실험을 수행할 수 있다.
- [12물실04-06] 단일 슬릿, 다중 슬릿을 사용하여 실험을 수행한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군 ‘빛과 파동’, 고등학교 ‘물리학’의 빛과 물질, ‘전자기와 양자’의 빛과 정보 통신, ‘고급 물리학’의 광학과 연계된다.
- 빛의 파동적 성질을 보여주는 다양한 실험을 수행하여, 빛 현상을 포함한 주변의 여러 자연 현상을 파동 이론으로 스스로 해석하고 비판할 수 있는 능력을 함양하도록 한다.
- 레이저를 취급할 때에는 보안경을 착용하고 광원이나 반사광이 사람을 향하지 않도록 유의하게 한다.

(5) 현대 물리

[12물실05-01] 광전효과 실험을 통해 빛의 세기와 광전류의 관계를 확인하고 빛의 입자성을 설명할 수 있다.

[12물실05-02] 음극선 실험을 통해 음극선의 성질을 설명할 수 있다.

[12물실05-03] 균일한 자기장 속에 있는 전자의 운동을 통해 전자의 비전하를 측정할 수 있다.

[12물실05-04] 원자 내부의 전자가 특정한 에너지 준위를 가지고 있음을 프랑크-헤르츠 실험을 통해 확인할 수 있다.

(가) 성취기준 해설

- [12물실05-02] 관찰 결과를 바탕으로 음극선을 이루는 입자들이 지닌 물리적 성질을 추론할 수 있도록 한다.
- [12물실05-04] 실험 결과를 활용하여 프랑크-헤르츠 실험의 과학사적 의의를 토의하도록 한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군 ‘전기와 자기’, 고등학교 ‘통합과학1’의 물질과 규칙성, ‘통합과학2’의 환경과 에너지, ‘물리학’의 전기와 자기, ‘전자기와 양자’의 양자와 미시세계, ‘고급 물리학’의 현대 물리와 연계된다.
- 현대 물리의 중요 실험 중 일부를 직접 수행함으로써, 20세기의 양자 물리학 이론에 친숙해질 수 있도록 한다.

- 고전압 및 고온의 실험 장치를 다룰 때 기기의 사용 방법과 안전상 유의 사항을 충분히 숙지한 이후에 실험하도록 지도한다.

### 3. 교수·학습 및 평가

#### 가. 교수·학습

##### (1) 교수·학습의 방향

- (가) ‘물리학 실험’ 관련 다양한 활동을 통해 ‘물리학 실험’ 교육과정에서 제시한 목표를 달성하고, ‘물리학 실험’ 관련 기초 소양 및 미래 사회에 필요한 역량을 함양하기 위한 교수·학습 계획을 수립하여 지도한다.
- (나) ‘물리학 실험’ 교육과정의 내용 체계표에 제시된 핵심 개념인 지식·이해뿐만 아니라 과정·기능, 가치·태도를 균형 있게 발달시킬 수 있도록 지도한다.
- (다) 역량 함양을 위한 깊이 있는 학습이 이루어지도록 적절하고 다양한 일상생활 소재나 실험·실습의 기회를 학생들에게 제공하여 실제적인 맥락에서 문제를 해결하는 경험을 할 수 있도록 한다.
- (라) 학생의 발달과 성장을 지원할 수 있도록 학생의 능력 및 수준에 적합한 ‘물리학 실험’ 과목의 교수·학습 계획을 수립하고, 학생이 능동적인 학습자로서 수업에 참여할 수 있도록 한다.
- (마) 디지털 교육 환경 변화에 따른 온·오프라인 연계 수업을 실시하고, 다양한 디지털 플랫폼과 기술 및 도구를 적극적으로 활용한다.

##### (2) 교수·학습 방법

- (가) 학년이나 학기 초에 교과 협의회를 열어 교육과정-교수·학습-평가가 일관되게 이루어질 수 있도록 ‘물리학 실험’ 과목의 교수·학습 계획을 수립한다.
- 교수·학습 계획 수립이나 학습 자료 개발 시 학교 여건, 지역 특성, 학습 내용의 특성과 난이도, 학생 수준, 자료의 준비 가능성 등을 고려하여 교육과정의 내용, 순서 등을 재구성할 수 있다.
- 학생이 과제 연구, 과학관 견학과 같은 여러 가지 과학 활동에 참여할 수 있도록 계획한다.
- 실험·실습에서 지속적인 관찰이 요구되는 내용을 지도할 때는 자료 준비, 관찰자, 관찰 내용 등에 관한 세부 계획을 미리 세운다.

- 학생이 스스로 진로를 고려하여 과학 과목 이수 경로를 설계할 수 있도록 하고, 선택 과목 간 교육내용 연계 및 진로연계교육을 고려하여 지도계획을 수립한다.
- 융합적 사고와 과학적 창의성을 계발하기 위해 내용 연계성을 고려하여 과목 내 영역이나 수학, 기술, 공학, 예술 등 다른 교과와 통합 및 연계하여 지도할 수 있도록 계획한다.

(나) 강의, 실험, 토의·토론, 발표, 조사, 역할 놀이, 프로젝트, 과제 연구, 과학관 견학과 같은 학교 밖 과학 활동 등 다양한 교수·학습 방법을 적절히 활용하고, 학생이 능동적으로 수업에 참여할 수 있도록 한다.

- 학생의 지적 호기심과 학습 동기를 유발할 수 있도록 발문하고, 개방형 질문을 적극적으로 활용한다.
- 교사 중심의 실험보다 학생 중심의 탐구 활동을 설계하고, 동료들과의 협업을 통해 과제를 해결하는 과정에서 상호 협력이 중요함을 인식하도록 지도한다.
- 탐구 수행 과정에서 자신의 의견을 명확히 표현하고 다른 사람의 의견을 존중하는 태도를 가지며, 과학적인 근거에 기초하여 의사소통하도록 지도한다.
- 모형을 사용할 때는 모형과 실제 자연 현상 사이에 차이가 있음을 이해할 수 있도록 한다.
- 과학 및 과학과 관련된 사회적 쟁점을 주제로 과학 글쓰기와 토론을 실시하여 과학적 사고력, 과학적 의사소통 능력 등을 함양할 수 있도록 지도한다.

(다) 학생의 디지털 소양 함양과 교수·학습 환경의 변화를 고려하여 교수·학습을 지원하는 다양한 디지털 기기 및 환경을 적극적으로 활용한다.

- ‘물리학 실험’ 학습에 대한 학생의 이해를 돕고 흥미를 유발하며 구체적 조작 경험과 활동을 제공하기 위해 모형이나 시청각 자료, 가상 현실이나 증강 현실 자료, 소프트웨어, 컴퓨터 및 스마트 기기, 인터넷 등의 최신 정보통신기술과 기기 등을 실험과 탐구에 적절히 활용한다.
- 온라인 학습 지원 도구를 적극적으로 활용하여 대면 수업의 한계를 극복하고, 다양한 교수·학습 활동이 온라인 학습 환경에서도 이루어질 수 있도록 한다.
- 지능정보기술 등 첨단 과학기술 기반의 과학 교육이 이루어질 수 있도록 지능형 과학실을 활용한 탐구 실험·실습 중심의 교수·학습 활동 계획을 수립하여 실행한다.
- ‘물리학 실험’ 관련 탐구 활동에서 다양한 센서나 기기 등 디지털 탐구 도구를 활용하여 실시간으로 자료를 측정하거나 공공기관에서 제공한 자료를 활용하여 자료를 수집하고 처리하는 기회를 제공한다.
- 학교 및 학생의 디지털 활용 수준 등을 고려하여 디지털 격차가 발생하지 않도록 유의한다.
- 교육용 마이크로프로세서를 활용한 피지컬 컴퓨팅을 탐구 실험·실습에 도입하여 학생의 참여도를 높이고 융복합적 문제해결 능력을 신장하는 기회를 제공한다.

(라) 학생의 ‘물리학 실험’에 대한 흥미, 즐거움, 자신감 등 정의적 영역에 관한 성취를 높이고 ‘물리학 실험’ 관련 진로를 탐색할 수 있는 교수·학습 방안을 강구한다.

- 과학 지식의 잠정성, 과학적 방법의 다양성, 과학 윤리, 과학·기술·사회의 상호 관련성, 과학적 모델의 특성, 과학의 본성과 관련된 내용을 적절한 소재를 활용하여 지도한다.
- 학습 내용과 관련된 첨단 과학기술을 다양한 형태의 자료로 제시함으로써 현대 생활에서 첨단 과학이 갖는 가치와 잠재력을 인식하도록 지도한다.
- 과학자 이야기, 과학사, 시사성 있는 과학 내용 등을 도입하여 과학에 대한 호기심과 흥미를 유발한다.
- 학교의 지역적 특성을 고려하여 지역의 자연 환경, 지역 명소, 박물관, 과학관 등 지역별 과학 교육 자원을 적극적으로 활용한다.
- ‘물리학 실험’ 관련 직업이나 다양한 활용 사례를 통해 학습과 진로에 대한 동기를 부여한다.
- 물리학이 많은 과학 분야의 기초를 제공하며, 자연 세계를 본질적으로 이해하는 기본적 학문임을 인식시키고, 학습 내용과 관련된 첨단 과학이나 기술을 다양한 형태의 자료로 제시함으로써 현대 생활에서 첨단 과학이 갖는 가치와 잠재력을 인식하도록 지도한다.

(마) 학생이 ‘물리학 실험’ 교육과정에 제시된 탐구 및 실험·실습 활동을 안전하게 진행할 수 있는 환경을 조성한다.

- 실험 기구의 사용 방법과 안전 사항을 사전에 지도하여 사고가 발생하지 않도록 유의한다.
- 야외 탐구 활동 및 현장 학습 시에는 사전 답사를 하거나 관련 자료를 조사하여 안전한 활동을 실행한다.
- 실험 기구나 재료는 수업 이전에 충분히 준비하되, 실험 후 발생하는 폐기물은 적법한 절차에 따라 처리하여 환경을 오염시키지 않도록 유의한다.
- 상황에 따라 실험 시연 또는 시범으로 대체할 수 있다.

(바) 범교과 학습, 생태전환교육, 디지털·인공지능 기초 소양 함양과 관련한 교육내용 중 해당 주제와 연계하여 지도할 수 있는 내용을 선정하여 함께 학습할 수 있도록 지도한다.

(사) 학습 부진 학생, 특정 분야에서 탁월한 재능을 보이는 학생, 특수교육 대상 학생 등 모두를 위한 교육을 위해 학습자가 지닌 교육적 요구에 적합한 교수·학습 계획을 수립하여 지도한다.

- 학생의 능력과 흥미 등 개인차를 고려하여 학습 내용과 실험·실습 활동 등을 수정하거나 대체 활동을 마련하여 제공할 수 있다.
- 특수교육 대상 학생의 학습 참여도를 높이기 위해 학습자의 장애 및 발달 특성을 고려하여 교

과 내용이나 실험·실습 활동을 보다 자세히 안내하거나 학생이 이해할 수 있도록 적합한 대안을 제시할 수 있다.

- (아) 교육과정에서 제시된 성취기준에 학생이 도달할 수 있도록 하고, 최소 성취수준 보장을 위한 교수·학습 계획을 수립한다.
- 교수·학습 과정에서 학생의 성취 정도를 수시로 파악함으로써 교육과정 성취기준 도달 정도를 점검한다.
- 교육과정 성취기준에 도달하지 못하는 학생을 위해서 별도의 학습 자료를 제공하는 등 최소 성취수준에 도달할 수 있도록 지도한다.

## 나. 평가

### (1) 평가의 방향

- (가) ‘물리학 실험’에서의 평가는 교육과정 성취기준에 근거하여 실시하되, 평가 결과에 대한 환류를 통해 학생의 학습과 성장을 도울 수 있도록 계획하여 실시한다.
- (나) ‘물리학 실험’ 교육과정상의 내용 체계와의 관련성을 고려하여 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 균형 있게 평가하되, 지식·이해 중심의 평가를 지양한다.
- (다) 학습 부진 학생, 특정 분야에서 탁월한 재능을 보이는 학생, 특수교육 대상 학생 등의 경우 적절한 평가 방법을 제공하여 교육적 요구에 맞는 평가가 이루어질 수 있도록 한다.
- (라) ‘물리학 실험’ 학습 내용을 평가할 때, 온라인 학습 지원 도구 등 디지털 교육 환경을 활용한 평가 방안이나 평가 도구를 적극적으로 활용한다.

### (2) 평가 방법

- (가) ‘물리학 실험’ 과목의 평가는 평가 계획 수립, 평가 문항과 도구 개발, 평가의 시행, 평가 결과의 처리, 평가 결과의 활용 등의 절차를 거쳐 실시한다.
- (나) 교수·학습 계획을 수립할 때, ‘물리학 실험’ 교육과정 성취기준을 고려하여 평가의 시기나 방법을 포함한 평가 계획을 함께 수립한다.
- 교수·학습과 평가를 유기적으로 연결하여, 학습 결과에 대한 평가뿐만 아니라 평가 과정이 학생 자신의 학습 과정이나 결과를 성찰할 기회가 되도록 한다.
- 평가의 시기와 목적에 맞게 진단 평가, 형성 평가, 총괄 평가 등을 계획하여 실시한다.

- 평가는 교수·학습의 목표와 성취기준에 근거하여 실시하고, 그 결과를 후속 학습 지도 계획 수립과 지도 방법 개선, 진로 지도 등에 활용한다.
- 평가 결과를 바탕으로 학생 개별 맞춤형 환류를 제공하여 학생 스스로 평가 결과를 해석하고 학습 계획을 세울 수 있도록 한다.

(다) 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 고르게 평가함으로써 ‘물리학 실험’의 교수·학습 목표 도달 여부를 종합적으로 파악할 수 있도록 한다. 또한, 학습의 결과뿐만 아니라 학습의 과정도 함께 평가한다.

- ‘물리학 실험’의 핵심 개념을 이해하고 적용하는 능력을 평가한다.
- ‘물리학 실험’의 과학적 탐구에 필요한 문제 인식 및 가설 설정, 탐구 설계 및 수행, 자료 수집 분석 및 해석, 결론 도출 및 일반화, 의사소통과 협업 등과 관련된 과정·기능을 평가한다.
- ‘물리학 실험’에 대한 흥미와 가치 인식, 학습 참여의 적극성, 협동성, 과학적으로 문제를 해결하는 태도, 창의성 등을 평가한다.

(라) ‘물리학 실험’을 평가할 때는 학생의 학습 과정과 결과를 평가하기 위해 지필평가(선택형, 서술형, 논술형 등), 관찰, 실험·실습, 보고서, 면담, 구술, 포트폴리오, 자기 평가, 동료 평가 등의 다양한 방법을 활용한다.

- 성취기준에 근거하여 평가 요소에 적합한 평가 상황을 설정하고, 타당한 평가 방법을 선정한다.
- 타당도와 신뢰도가 높은 평가를 위하여 가능하면 공동으로 평가 도구를 개발하여 활용한다.
- 평가 도구를 개발할 때는 창의융합적 문제해결력과 인성 및 감성 함양에 도움이 되는 소재나 상황들을 적극적으로 발굴하여 활용한다.
- 평가 요소에 따라 개별 평가와 모둠 평가를 실시하고, 자기 평가와 동료 평가도 활용할 수 있다.
- 디지털 교수·학습 환경을 고려하여 온라인 학습 지원 도구 등을 활용한 온라인 평가를 병행하여 활용할 수 있다.

(마) 학생들의 ‘물리학 실험’ 교육과정 성취기준에 대한 도달 정도를 파악하기 위해 형성 평가를 실시하고, 그 결과를 바탕으로 최소 성취수준 보장을 위한 맞춤형 교수·학습 활동을 실시한다.

- 다양한 평가 도구를 활용하여 ‘물리학 실험’ 교육과정에 근거한 최소 성취수준에 도달할 수 없는 학생을 사전에 파악함으로써 최소 성취수준 보장을 위한 조치를 취한다.
- 평가 결과를 학생의 ‘물리학 실험’ 학습 성취수준에 대한 진단과 더불어 학생 맞춤형 보정 계획과 연계하도록 한다.

# 화학 실험

## 1. 성격 및 목표

### 가. 성격

‘화학 실험’은 21세기를 살아가는 데 필요한 핵심역량과 물질 현상을 과학적이고 창의적으로 분석하고 예측할 수 있는 화학적 소양을 함양하기 위한 과목이다. ‘화학 실험’은 물질 탐구 과정과 지식에 대한 통합적 이해를 바탕으로 학생들이 화학에 대한 호기심과 흥미를 갖고 과학적 탐구 능력과 태도를 함양하여 개인과 사회의 문제를 과학적이고 창의적으로 해결하는 전문가로서의 역량 신장을 목표로 한다.

‘화학 실험’은 고등학교 ‘화학’, 고등학교 진로 선택 ‘물질과 에너지’, ‘화학 반응의 세계’와 융합 선택 ‘기후변화와 환경생태’, ‘융합과학 탐구’에서 다룬 화학 지식의 심화 내용으로 ‘고급 화학’과 긴밀하게 연계되어 있다.

‘화학 실험’은 화학 실험의 기초, 물질의 성질, 화학 반응, 탄소 화합물의 합성과 특성 4개의 영역으로 구성된다. 화학 실험의 기초 영역에서는 화학 실험 수행 시 필수적인 데이터 해석과 실험 기구 사용 방법을, 물질의 성질 영역에서는 기체, 액체, 고체, 용액의 다양한 성질 관찰을, 화학 반응 영역에서는 다양한 화학 반응에서 일어나는 변화의 관찰을, 탄소 화합물의 합성과 특성 영역에서는 다양한 탄소 화합물의 성질과 간단한 합성을 다룬다.

‘화학 실험’의 학습은 반도체, 전지, 의약품, 화장품 등 현대인의 삶과 공존하는 영역에서 활용된 화학적 원리를 이해하고, 지속가능한 사회와 문제해결을 위한 과학과 공학 기술 개발의 기초가 된다. 이는 향후 자신이 활동하는 전문 분야에서 합리적인 판단, 필요한 설계 수행 등에 활용될 수 있을 것이다. ‘화학 실험’에서는 다양한 탐구와 실험 중심의 학습을 통해 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도의 세 차원을 상호보완적으로 함양하여 영역별 핵심 아이디어에 도달할 수 있으며, 이를 바탕으로 첨단 과학기술이 요구하는 창의적 지식 생산과 더불어 변동성과 불확실성이 특징인 미래 사회에 대응할 수 있는 역량과 과학적 소양을 기를 수 있을 것이다.

## 나. 목표

물질 세계에 대하여 흥미와 호기심을 가지고, 화학의 핵심 개념에 대한 이해를 바탕으로 다양한 탐구와 문제해결 과제를 수행하여 화학과 관련된 다양한 문제를 창의적이고 자기 주도적으로 해결하는 과학적 소양과 역량을 기른다.

- (1) 물질 현상에 대한 흥미와 호기심을 바탕으로 화학 관련 일상생활 문제를 인식하고, 이를 과학적으로 해결하려는 태도를 기른다.
- (2) 과학의 탐구 방법을 활용하여 화학 관련 문제의 해결 방안을 탐색하고 과학적으로 탐구하는 능력을 기른다.
- (3) 물질 세계와 관련된 문제를 과학적으로 탐구하여 화학의 핵심 개념을 이해한다.
- (4) 과학과 기술 및 사회의 상호 관계를 이해하고 이를 바탕으로 개인과 사회의 문제를 해결하는 데 참여하고 실천하는 능력을 기른다.

## 2. 내용 체계 및 성취기준

### 가. 내용 체계

| 핵심 아이디어 |                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 화학자들은 여러 가지 실험 도구를 사용하여 물질의 성질과 변화를 측정함으로써 원자, 분자 수준의 미시 세계의 규칙성을 탐구한다.</li> <li>• 기체, 액체, 고체의 성질을 설명하는 기본 법칙은 혼합물을 분리하여 얻은 순수한 물질을 탐구하여 완성되고, 이 법칙들은 물질 세계의 규칙 설명에 사용된다.</li> <li>• 열역학과 반응 속도론은 화학 반응의 방향성과 속도를 설명하고, 이를 예측할 수 있어 산업 현장에서 유용하게 활용된다.</li> <li>• 화학자들은 분자 구조와 물질의 성질 사이의 관계를 탐구하고, 특정 성질을 갖는 물질을 합성하여 삶의 편리성을 증진시킨다.</li> </ul> |
|---------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 범주 \ 구분 |                | 내용 요소                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 지식·이해   | 화학 실험의 기초      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 데이터 처리 • 여러 가지 도구의 특징과 사용법</li> <li>• 첨단 기자재 사용법</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|         | 물질의 성질         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 물질의 세 가지 상태와 특징 • 혼합물의 분리 • 묽은 용액의 성질</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|         | 화학 반응          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 화학 변화와 반응열 측정 • 화학 평형 • 산 염기 평형</li> <li>• 산화·환원 반응 • 반응 속도</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|         | 탄소 화합물의 합성과 특성 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 탄화수소의 성질 • 탄화수소 유도체의 반응과 성질</li> <li>• 방향족 탄화수소의 성질</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 과정·기능   |                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 물질 현상과 자료를 탐구하여 문제를 정의하고 가설을 설정하기</li> <li>• 변인을 조작적으로 정의하고, 실험 설계하기</li> <li>• 적절한 측정 도구를 선별하여, 정보를 수집하기</li> <li>• 수집된 자료를 분석하여 규칙성과 자료 분석의 한계 파악하기</li> <li>• 반성적 사고를 통해 탐구 과정과 결론의 타당성·신뢰도 판단하기</li> <li>• 디지털 탐구 도구를 활용하여 모형을 만들고 수정하기</li> <li>• 자료와 증거에 기초하여 논증이나 반론을 구성하기</li> </ul>                                                     |
| 가치·태도   |                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 과학의 심미적 가치</li> <li>• 과학 유용성</li> <li>• 자연과 과학에 대한 감수성</li> <li>• 과학 창의성</li> <li>• 과학 활동의 윤리성</li> <li>• 과학 문제해결에 대한 개방성</li> <li>• 안전·지속가능 사회에 기여</li> <li>• 과학 문화 향유</li> </ul>                                                                                                                                                               |

## 나. 성취기준

### (1) 화학 실험의 기초

- [12화실01-01] 유효숫자 처리 원칙을 이해하고, 이를 바탕으로 측정값과 계산값을 적절하게 표현할 수 있다.
- [12화실01-02] 여러 가지 부피, 질량, 온도, pH 측정 도구의 특징을 비교하고 각각의 사용법을 익혀, 상황에 적절한 도구를 선택하여 활용할 수 있다.
- [12화실01-03] 다양한 침단 기자재의 원리를 이해하고 침단 기자재로 얻은 데이터를 해석할 수 있다.
- [12화실01-04] 여러 가지 농도의 개념을 이용하여 필요한 농도의 용액을 제조할 수 있다.

#### (가) 성취기준 해설

- [12화실01-01] 실제 측정 기구의 측정 한계와 유효숫자의 처리 원칙을 연관시키는 수준으로 다룬다.

#### (나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군의 ‘물질의 상태 변화’, 고등학교 ‘통합과학1’의 과학의 기초, ‘물질과 에너지’의 용액의 성질, ‘고급 화학’의 물질의 성질과 연계된다.
- 실험할 때는 개인 보호 장구를 착용한 후 실험실 안전 수칙에 따라 실험하고, 실험이 끝난 뒤 남은 물질은 화학 실험실 폐수 및 폐기물 처리 기준과 방법에 따라 처리하도록 한다.

### (2) 물질의 성질

- [12화실02-01] 원소의 스펙트럼을 관찰하여 얻은 정보를 바탕으로 원자 오비탈의 에너지 준위가 양자화되어 있음을 설명할 수 있다.
- [12화실02-02] 분자량을 아는 기체의 질량과 부피를 측정하여 기체 상수를 도출하고, 이론값과 차이가 발생한 원인에 대해 토론하여 실험 방법을 개선할 수 있다.
- [12화실02-03] 이상 기체 방정식을 활용하여 미지 기체의 분자량을 측정할 수 있는 실험을 설계·수행함으로써 이론을 바탕으로 미지 세계를 밝히는 과학의 즐거움을 느낄 수 있다.
- [12화실02-04] 3D 모델링을 통해 단순 입방, 체심 입방, 면심 입방, 육방 밀집 결정 구조를 만들고, 각 결정의 단위세포의 특징을 설명할 수 있다.
- [12화실02-05] 다양한 여과법을 이해하고 필요한 장치를 꾸며 혼합물을 분리할 수 있다.
- [12화실02-06] 추출의 원리를 이용하여 혼합물을 분리하고, 분배 계수를 이용하여 효과적 추출 방법을 논의할 수 있다.

- [12화실02-07] 회전 증발 농축기를 이용하여 용액에서 용매를 제거하고 특정 성분의 물질을 얻을 수 있다.
- [12화실02-08] 재결정과 분별 결정의 원리를 이해하고, 이를 이용하여 혼합물을 분리할 수 있다.
- [12화실02-09] 다양한 종류의 크로마토그래피 원리를 이해하고, 이를 이용하여 혼합물을 분리할 수 있다.
- [12화실02-10] 분별 증류의 원리를 이해하고, 이를 이용하여 혼합물을 분리할 수 있다.
- [12화실02-11] 여러 가지 액체의 증기압을 측정하고, 액체의 종류에 따른 증기압을 분자 간 상호작용의 크기로 설명할 수 있다.
- [12화실02-12] 증기압 내림을 현상을 관찰하고, 이를 열역학 관점에서 설명할 수 있다.
- [12화실02-13] 어는점 내림 원리를 이용하여 비휘발성 수용성 고체의 화학식량을 구하는 실험을 설계하고 수행할 수 있다.
- [12화실02-14] 용액의 삼투압을 측정하여 고분자 물질의 화학식량을 구할 수 있다.

#### (가) 성취기준 해설

- [12화실02-07] 회전 증발 농축기 사용 시 흡 후드와 같은 환기 시설이 갖추어지지 않은 경우 휘발성이 강하고 유독한 용매는 사용하지 않는다.

#### (나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군의 ‘물질의 상태 변화’, 고등학교 ‘통합과학1’의 과학의 기초, ‘물질과 에너지’의 용액의 성질, ‘고급 화학’의 물질의 성질과 연계된다.
- 용액의 총괄성은 이상 용액에 가까운 묽은 용액에서 선형 관계가 나타나므로 실험 데이터는 양의 편차나 음의 편차를 보인다. 따라서 실제 용액에 편차가 나타나는 이유에 대한 해석을 포함한 수업 활동을 구성할 수 있다.
- 실험할 때는 개인 보호 장구를 착용한 후 실험실 안전 수칙에 따라 실험하고, 실험이 끝난 뒤 남은 물질은 화학 실험실 폐수 및 폐기물 처리 기준과 방법에 따라 처리하도록 한다.

#### (3) 화학 반응

- [12화실03-01] 여러 가지 화학 반응의 반응열을 측정하여 헤스 법칙이 성립함을 확인하고, 반응 엔탈피를 포함한 열화학 반응식으로 나타낼 수 있다.
- [12화실03-02] 농도, 온도, 압력 변화에 따른 평형 이동을 관찰하고 평형 상수를 구하여 화학 평형과 수학적 규칙의 연관성에 호기심을 가질 수 있다.
- [12화실03-03] 중화 적정 실험을 수행하여 미지 산의 농도를 구함으로써 과학적 문제해결 방식에 즐거움을 느낄 수 있다.

[12화실03-04] 산화·환원 적정의 원리를 이용하여 미지의 수용액 농도를 구함으로써 과학적 문제해결 방식의 즐거움을 느낄 수 있다.

[12화실03-05] 산화·환원 반응을 이용하여 화학 전지를 꾸미고 기전력을 결정하는 요인을 설명할 수 있다.

[12화실03-06] 전기 분해를 통해 두 전극에서 생성되는 물질의 양을 측정하고 이론적 예측값과 비교할 수 있다.

[12화실03-07] 화학 반응의 초기 반응 속도를 측정하는 실험을 통하여 반응 속도식과 반응 차수를 구할 수 있다.

[12화실03-08] 농도, 온도, 촉매가 반응 속도에 미치는 영향을 알아보기 위한 실험을 설계할 수 있다.

#### (가) 성취기준 해설

- [12화실03-02] 평형 상수 측정 시 분광 광도계를 대체할 수 있는 센서 등을 활용할 수 있다.
- [12화실03-06] 두 전극에서 생성되는 물질의 양을 단순 계산하는 활동을 지양하고, 실험을 통해 얻을 수 있는 물질의 양을 예측하고 검증하는 탐구하는 활동을 중심으로 다룬다.

#### (나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군의 ‘화학 반응의 규칙성’, 고등학교 ‘화학’의 화학 평형, ‘물질과 에너지’의 화학 변화의 자발성, 반응 속도, ‘화학 반응의 세계’의 산 염기 평형, 산화·환원 반응, ‘고급 화학’의 물질의 변화와 에너지, 물질의 변화와 화학 평형과 연계된다.
- 실험값과 이론적 예측값을 비교할 때 반성적 사고를 통해 탐구 과정과 결론의 타당성·신뢰도를 판단할 수 있도록 지도한다.
- 실험할 때는 개인 보호 장구를 착용한 후 실험실 안전 수칙에 따라 실험하고, 실험이 끝난 뒤 남은 물질은 화학 실험실 폐수 및 폐기물 처리 기준과 방법에 따라 처리하도록 한다.

#### (4) 탄소 화합물의 합성과 특성

[12화실04-01] 여러 가지 탄화수소의 서로 다른 성질을 관찰하고, 이를 분자 구조 관점에서 설명할 수 있다.

[12화실04-02] 여러 가지 알코올의 산화 실험을 수행하고, 생성물을 확인하기 위한 실험을 설계할 수 있다.

[12화실04-03] 다양한 탄화수소 유도체의 반응을 관찰하고, 이를 작용기의 특성과 관련지어 설명할 수 있다.

[12화실04-04] 비누를 제조하고, 그 원리를 설명할 수 있다.

[12화실04-05] 벤젠, 나프탈렌 등 방향족 탄화수소의 구조와 성질을 설명할 수 있다.

[12화실04-06] 아스피린을 합성하고, 합성 화학이 인류 문명에 미친 영향에 대해 논의할 수 있다.

(가) 성취기준 해설

- [12화실04-04] 비누화 반응은 시간이 다소 소요되므로 비누의 pH는 이후 차시에 확인할 수 있다.
- [12화실04-05] 벤젠, 나프탈렌은 휘발성과 유독성이 있으므로 시약을 직접 다루는 활동을 지양하고, 분자 모델링 활동을 통해 구조와 성질을 설명한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 중학교 1~3학년군의 '화학 반응의 규칙성', 고등학교 '화학'의 물질의 구조와 성질, '화학 반응의 세계'의 산화·환원 반응, 탄소 화합물과 반응, '고급 화학'의 물질의 구조, 물질의 변화와 에너지와 연계된다.
- 유기 용매를 다룰 때는 개인 보호 장구를 착용한 후 실험실 안전 수칙에 따라 실험하고, 실험이 끝난 뒤 남은 물질은 화학 실험실 폐수 및 폐기물 처리 기준과 방법에 따라 처리하도록 한다.

### 3. 교수·학습 및 평가

#### 가. 교수·학습

##### (1) 교수·학습의 방향

- (가) '화학 실험' 관련 다양한 활동을 통해 '화학 실험' 교육과정에서 제시한 목표를 달성하고, '화학 실험' 관련 기초 소양 및 미래 사회에 필요한 역량을 함양하기 위한 교수·학습 계획을 수립하여 지도한다.
- (나) '화학 실험' 교육과정의 내용 체계표에 제시된 핵심 개념인 지식·이해뿐만 아니라 과정·기능, 가치·태도를 균형 있게 발달시킬 수 있도록 지도한다.
- (다) 역량 함양을 위한 깊이 있는 학습이 이루어지도록 적절하고 다양한 일상생활 소재나 실험·실습의 기회를 학생들에게 제공하여 실제적인 맥락에서 문제를 해결하는 경험을 할 수 있도록 한다.

- (라) 학생의 발달과 성장을 지원할 수 있도록 학생의 능력 및 수준에 적합한 ‘화학 실험’ 과목의 교수·학습 계획을 수립하고, 학생이 능동적인 학습자로서 수업에 참여할 수 있도록 한다.
- (마) 디지털 교육 환경 변화에 따른 온·오프라인 연계 수업을 실시하고, 다양한 디지털 플랫폼과 기술 및 도구를 적극적으로 활용한다.

## (2) 교수·학습 방법

- (가) 학년이나 학기 초에 교과 협의회를 열어 교육과정-교수·학습-평가가 일관되게 이루어질 수 있도록 ‘화학 실험’ 과목의 교수·학습 계획을 수립한다.
  - 교수·학습 계획 수립이나 학습 자료 개발 시 학교 여건, 지역 특성, 학습 내용의 특성과 난이도, 학생 수준, 자료의 준비 가능성 등을 고려하여 교육과정의 내용, 순서 등을 재구성할 수 있다.
  - 학생이 과제 연구, 과학관 견학과 같은 여러 가지 과학 활동에 참여할 수 있도록 계획한다.
  - 실험·실습에서 지속적인 관찰이 요구되는 내용을 지도할 때는 자료 준비, 관찰자, 관찰 내용 등에 관한 세부 계획을 미리 세운다.
  - 학생이 스스로 진로를 고려하여 과학 과목 이수 경로를 설계할 수 있도록 하고, 선택 과목 간 교육내용 연계 및 진로연계교육을 고려하여 지도계획을 수립한다.
  - 융합적 사고와 과학적 창의성을 계발하기 위해 내용 연계성을 고려하여 과목 내 영역이나 수학, 기술, 공학, 예술 등 다른 교과와 통합 및 연계하여 지도할 수 있도록 계획한다.
- (나) 강의, 실험, 토의·토론, 발표, 조사, 역할 놀이, 프로젝트, 과제 연구, 학교 밖 과학 활동 등 다양한 교수·학습 방법을 적절히 활용하고, 학생이 능동적으로 수업에 참여할 수 있도록 한다.
  - 학생의 지적 호기심과 학습 동기를 유발할 수 있도록 발문하고, 개방형 질문을 적극적으로 활용한다.
  - 교사 중심의 실험보다 학생 중심의 탐구 활동을 설계하고, 동료들과의 협업을 통해 과제를 해결하는 과정에서 상호 협력이 중요함을 인식하도록 지도한다.
  - 탐구 수행 과정에서 자신의 의견을 명확히 표현하고 다른 사람의 의견을 존중하는 태도를 가지며, 과학적인 근거에 기초하여 의사소통하도록 지도한다.
  - 모형을 사용할 때는 모형과 실제 자연 현상 사이에 차이가 있음을 이해할 수 있도록 한다.
  - 과학 및 과학과 관련된 사회적 쟁점을 주제로 과학 글쓰기와 토론을 실시하여 과학적 사고력, 과학적 의사소통 능력 등을 함양할 수 있도록 지도한다.

(다) 학생의 디지털 소양 함양과 교수·학습 환경의 변화를 고려하여 교수·학습을 지원하는 다양한 디지털 탐구 도구 및 환경을 적극적으로 활용한다.

- ‘화학 실험’ 학습에 대한 학생의 이해를 돕고 흥미를 유발하며 구체적 조작 경험과 활동을 제공하기 위해 모형이나 시청각 자료, 가상 현실이나 증강 현실 자료, 소프트웨어, 컴퓨터 및 스마트 기기, 인터넷 등의 최신 정보통신기술과 기기 등을 실험과 탐구에 적절히 활용한다.
- 온라인 학습 지원 도구를 적극적으로 활용하여 대면 수업의 한계를 극복하고, 다양한 교수·학습 활동이 온라인 학습 환경에서도 이루어질 수 있도록 한다.
- 지능정보기술 등 첨단 과학기술 기반의 과학 교육이 이루어질 수 있도록 지능형 과학실을 활용한 탐구 실험·실습 중심의 교수·학습 활동 계획을 수립하여 실행한다.
- ‘화학 실험’ 관련 탐구 활동에서 다양한 센서나 기기 등 디지털 탐구 도구를 활용하여 실시간으로 자료를 측정하거나 공공기관에서 제공한 자료를 활용하여 자료를 수집하고 처리하는 기회를 제공한다.
- 학교 및 학생의 디지털 활용 수준 등을 고려하여 디지털 격차가 발생하지 않도록 유의한다.

(라) 학생의 ‘화학 실험’에 대한 흥미, 즐거움, 자신감 등 정의적 영역에 관한 성취를 높이고 ‘화학 실험’ 관련 진로를 탐색할 수 있는 교수·학습 방안을 강구한다.

- 과학 지식의 잠정성, 과학적 방법의 다양성, 과학 윤리, 과학·기술·사회의 상호 관련성, 과학적 모델의 특성, 과학의 본성과 관련된 내용을 적절한 소재를 활용하여 지도한다.
- 학습 내용과 관련된 첨단 과학기술을 다양한 형태의 자료로 제시함으로써 현대 생활에서 첨단 과학이 갖는 가치와 잠재력을 인식하도록 지도한다.
- 과학자 이야기, 과학사, 시사성 있는 과학 내용 등을 도입하여 과학에 대한 호기심과 흥미를 유발한다.
- 학교의 지역적 특성을 고려하여 지역의 자연 환경, 지역 명소, 박물관, 과학관 등 지역별 과학 교육 자원을 적극적으로 활용한다.
- ‘화학 실험’ 관련 직업이나 다양한 활용 사례를 통해 학습과 진로에 대한 동기를 부여한다.

(마) 학생이 ‘화학 실험’ 교육과정에 제시된 탐구 및 실험·실습 활동을 안전하게 진행할 수 있는 환경을 조성한다.

- 실험 기구의 사용 방법과 실험 약품에 대한 물질안전보건자료를 안내하고, 실험실 안전 교육을 실시한다.
- 실험 과정에서 발생하는 폐기물은 적법한 절차에 따라 처리하여 환경을 오염시키지 않도록 유의한다.

- 야외 탐구 활동 및 현장 학습 시에는 사전 답사를 하거나 관련 자료를 조사하여 안전한 활동을 실행한다.
- (바) 범교과 학습, 생태전환교육, 디지털·인공지능 기초 소양 함양과 관련한 교육내용 중 해당 주제와 연계하여 지도할 수 있는 내용을 선정하여 함께 학습할 수 있도록 지도한다.
- (사) 학습 부진 학생, 특정 분야에서 탁월한 재능을 보이는 학생, 특수교육 대상 학생 등 모두를 위한 교육을 위해 학습자가 지닌 교육적 요구에 적합한 교수·학습 계획을 수립하여 지도한다.
- 학생의 능력과 흥미 등 개인차를 고려하여 학습 내용과 실험·실습 활동 등을 수정하거나 대체 활동을 마련하여 제공할 수 있다.
- 특수교육 대상 학생의 학습 참여도를 높이기 위해 학습자의 장애 및 발달 특성을 고려하여 교과 내용이나 실험·실습 활동을 보다 자세히 안내하거나 학생이 이해할 수 있도록 적합한 대안을 제시할 수 있다.
- (아) 교육과정에서 제시된 성취기준에 학생이 도달할 수 있도록 하고, 최소 성취수준 보장을 위한 교수·학습 계획을 수립한다.
- 교수·학습 과정에서 학생의 성취 정도를 수시로 파악함으로써 교육과정 성취기준 도달 정도를 점검한다.
- 교육과정 성취기준에 도달하지 못하는 학생을 위해서 별도의 학습 자료를 제공하는 등 최소 성취수준을 보장하도록 지도한다.

## 나. 평가

### (1) 평가의 방향

- (가) ‘화학 실험’에서의 평가는 교육과정 성취기준에 근거하여 실시하되, 평가 결과에 대한 환류를 통해 학생의 학습과 성장을 도울 수 있도록 계획하여 실시한다.
- (나) ‘화학 실험’ 교육과정상의 내용 체계와의 관련성을 고려하여 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 균형 있게 평가하되, 지식·이해 중심의 평가를 지양한다.
- (다) 학습 부진 학생, 특정 분야에서 탁월한 재능을 보이는 학생, 특수교육 대상 학생 등의 경우 적절한 평가 방법을 제공하여 교육적 요구에 맞는 평가가 이루어질 수 있도록 한다.

(라) ‘화학 실험’ 학습 내용을 평가할 때, 온라인 학습 지원 도구 등 디지털 교육 환경을 활용한 평가 방안이나 평가 도구를 적극적으로 활용한다.

## (2) 평가 방법

(가) ‘화학 실험’ 과목의 평가는 평가 계획 수립, 평가 문항과 도구 개발, 평가의 시행, 평가 결과의 처리, 평가 결과의 활용 등의 절차를 거쳐 실시한다.

(나) 교수·학습 계획을 수립할 때, ‘화학 실험’ 교육과정 성취기준을 고려하여 평가의 시기나 방법을 포함한 평가 계획을 함께 수립한다.

- 교수·학습과 평가를 유기적으로 연결하여, 학습 결과에 대한 평가뿐만 아니라 평가 과정이 학생 자신의 학습 과정이나 결과를 성찰할 기회가 되도록 한다.
- 평가의 시기와 목적에 맞게 진단 평가, 형성 평가, 총괄 평가 등을 계획하여 실시한다.
- 평가는 교수·학습의 목표와 성취기준에 근거하여 실시하고, 그 결과를 후속 학습 지도 계획 수립과 지도 방법 개선, 진로 지도 등에 활용한다.
- 평가 결과를 바탕으로 학생 개별 맞춤형 환류를 제공하여 학생 스스로 평가 결과를 해석하고 학습 계획을 세울 수 있도록 한다.

(다) 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 고르게 평가함으로써 ‘화학 실험’의 교수·학습 목표 도달 여부를 종합적으로 파악할 수 있도록 한다. 또한, 학습의 결과뿐만 아니라 학습의 과정도 함께 평가한다.

- ‘화학 실험’의 핵심 개념을 이해하고 적용하는 능력을 평가한다.
- ‘화학 실험’의 과학적 탐구에 필요한 문제 인식 및 가설 설정, 탐구 설계 및 수행, 자료 수집 분석 및 해석, 결론 도출 및 일반화, 의사소통과 협업 등과 관련된 과정·기능을 평가한다.
- ‘화학 실험’에 대한 흥미와 가치 인식, 학습 참여의 적극성, 협동성, 과학적으로 문제를 해결하는 태도, 창의성 등을 평가한다.

(라) ‘화학 실험’을 평가할 때는 학생의 학습 과정과 결과를 평가하기 위해 지필평가(선택형, 서술형, 논술형 등), 관찰, 실험·실습, 보고서, 면담, 구술, 포트폴리오, 자기 평가, 동료 평가 등의 다양한 방법을 활용한다.

- 성취기준에 근거하여 평가 요소에 적합한 평가 상황을 설정하고, 타당한 평가 방법을 선정한다.
- 타당도와 신뢰도가 높은 평가를 위하여 가능하면 공동으로 평가 도구를 개발하여 활용한다.
- 평가 도구를 개발할 때는 창의융합적 문제해결력과 인성 및 감성 함양에 도움이 되는 소재나 상황들을 적극적으로 발굴하여 활용한다.

- 평가 요소에 따라 개별 평가와 모둠 평가를 실시하고, 자기 평가와 동료 평가도 활용할 수 있다.
- 디지털 교수·학습 환경을 고려하여 온라인 학습 지원 도구 등을 활용할 수 있다.

(마) 학생들의 ‘화학 실험’ 교육과정 성취기준에 대한 도달 정도를 파악하기 위해 형성 평가를 실시하고, 그 결과를 바탕으로 최소 성취수준 보장을 위한 맞춤형 교수·학습 활동을 실시한다.

- 다양한 평가 도구를 활용하여 ‘화학 실험’ 교육과정에 근거한 최소 성취수준에 도달할 수 없는 학생을 사전에 파악함으로써 최소 성취수준 보장을 위한 조치를 취한다.
- 평가 결과를 학생의 ‘화학 실험’ 학습 성취수준에 대한 진단과 더불어 학생 맞춤형 보정 계획과 연계하도록 한다.

# 생명과학 실험

## 1. 성격 및 목표

### 가. 성격

‘생명과학 실험’은 과학계열 고등학교 학생이나 일반계 고등학교에서 과학 과목 중점으로 교육 과정을 이수하는 학생들이 심화된 수준의 생명과학의 학문적 체계와 내용을 탐구하기 위한 과목이다. ‘생명과학 실험’은 보다 전문적인 생명과학 개념을 이해하며, 생명과학의 주제에 대해 과학 탐구능력과 태도를 함양하여 생명과학 및 관련 분야의 전공과목 이수에 필요한 기본적인 능력을 기르는 데 중점을 둔다.

생명과학 실험’은 고등학교 일반선택 과목인 ‘생명과학’과 진로 선택 과목인 ‘세포와 물질대사’, ‘생물의 유전’, 융합 선택 과목인 ‘기후변화와 환경생태’, ‘융합과학탐구’, 과학계열 진로 선택 과목인 ‘고급 생명과학’과 긴밀하게 연계되어 있다.

‘생명과학 실험’은 더불어 살아가는 창의적인 사람을 육성하기 위해 생명과학 분야의 지식과 실천을 연계하여 미래 사회를 살아가기 위한 역량을 함양하고, 생명과학을 관통하는 심화 개념을 바탕으로 탐구하기 위해 생물의 구조와 에너지, 자극과 반응, 생명의 연속성과 다양성, 환경과 생태계, 생명공학 5개의 영역으로 구성된다. ‘생명과학 실험’의 생물의 구조와 에너지 영역은 현미경의 구조와 원리, 삼투와 수분퍼텐셜, 조직과 기관, 효소의 특성, 광합성, 세포호흡, 발효를 다루고, 자극과 반응 영역은 동물과 식물의 반응을 다루며, 생명의 연속성과 다양성 영역은 세포분열, 수정과 발생, 염색체, 유전 원리, 진화, 생물의 채집과 분류를 다루고, 환경과 생태계 영역은 개체군과 군집을 다루며, 생명공학 영역은 생명공학 연구방법, 유전체 탐구를 다룬다.

미래 사회는 첨단 과학기술을 기반으로 혁신적인 융복합 영역이 창출되는 사회로, 과학적 문제 해결력과 창의성을 발휘하는 전문가 집단과 과학적 소양을 갖춘 시민이 함께 이끄는 사회이다. ‘생명과학 실험’에서는 다양한 탐구 중심의 학습을 통해 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도의 세 차원을 상호보완적으로 배양함으로써 영역별 핵심 아이디어에 도달하고, 행위주체로서 갖추어야 할 과학적 소양을 기를 수 있을 것이다.

## 나. 목표

생명과학 분야의 학문 체계와 핵심개념을 이해하고, 생명과학 탐구를 바탕으로 학문적 흥미와 호기심을 가지고 올바른 자연관과 생명관을 기른다. 또한, 생명과학 탐구 능력을 함양하고 자연과 일상생활에서 생명과학 관련 문제를 해결하는 과정에서 이공계열 분야의 진로를 선택할 때 필요한 생명과학 실험 역량을 기른다.

- (1) 생명 현상에 대한 흥미와 호기심을 바탕으로, 생명과학 관련 일상생활 문제를 인식하고, 이를 과학적으로 해결하려는 태도를 기른다.
- (2) 생명과학의 탐구 방법을 이해하고 일상생활의 문제를 과학적으로 탐구하는 능력을 기른다.
- (3) 생명 현상을 과학적으로 탐구하여 생명과학의 학문 체계와 핵심 개념을 이해한다.
- (4) 과학과 기술 및 사회의 상호 관계를 이해하고 이를 바탕으로 개인과 사회의 문제해결에 민주시민으로서 참여하고 실천하는 능력을 기른다.

## 2. 내용 체계 및 성취기준

### 가. 내용 체계

|         |              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |       |
|---------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 핵심 아이디어 |              | <ul style="list-style-type: none"><li>• 생명 시스템은 기본 단위인 세포로부터 생태계에 이르기까지 체계적으로 구성되어 있으며, 체계를 유지하고, 성장·번식하기 위해 에너지와 물질이 필요하다.</li><li>• 생명체는 자극에 반응하여 항상성과 생명시스템을 유지한다.</li><li>• 유전 정보는 생명의 연속성을 제공하며, 변이는 생물이 환경에 적응하며, 진화하는 데 영향을 준다.</li><li>• 생물은 서로 상호 작용하며 살아가고 생태계를 구성하는 환경과도 끊임없이 서로 영향을 주고받는다.</li><li>• 생명공학 연구 성과는 다양한 분야에서 인류 복지와 삶의 질 향상에 기여하고 있다.</li></ul> |       |
| 범주      |              | 구분                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 내용 요소 |
| 지식·이해   | 생물의 구조와 에너지  | <ul style="list-style-type: none"><li>• 현미경의 구조와 원리</li><li>• 삼투와 수분퍼텐셜</li><li>• 조직과 기관</li><li>• 효소의 특성</li><li>• 광합성</li><li>• 발효</li><li>• 원심분리</li></ul>                                                                                                                                                                                                            |       |
|         | 자극과 반응       | <ul style="list-style-type: none"><li>• 동물의 반응</li><li>• 식물의 반응</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                |       |
|         | 생명의 연속성과 다양성 | <ul style="list-style-type: none"><li>• 세포분열</li><li>• 식물의 수분</li><li>• 수정과 발생</li><li>• 염색체</li><li>• 유전 원리</li><li>• 진화</li><li>• 생물의 채집 및 분류</li></ul>                                                                                                                                                                                                                |       |
|         | 환경과 생태계      | <ul style="list-style-type: none"><li>• 개체군</li><li>• 군집</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |       |
|         | 생명공학         | <ul style="list-style-type: none"><li>• 생명공학 연구방법</li><li>• 유전체 탐구</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                             |       |
| 과정·기능   |              | <ul style="list-style-type: none"><li>• 생명 현상과 자료로부터 문제를 인식하고 가설을 설정하기</li><li>• 생명과학 실험 설계 및 수행하기</li><li>• 생물의 특징 관찰 및 분류하기</li><li>• 도구를 사용하여 정보 수집, 자료 변환 및 해석하기</li><li>• 생명과학 실험 결과와 과학적 사고에 근거하여 자료를 분석 및 추론하기</li><li>• 생명과학 실험 결과 해석을 근거로 결론 도출 및 일반화하기</li><li>• 다양한 매체를 활용하여 협력적 소통하기</li></ul>                                                               |       |
| 가치·태도   |              | <ul style="list-style-type: none"><li>• 과학의 심미적 가치</li><li>• 과학 유용성</li><li>• 자연과 과학에 대한 감수성</li><li>• 과학 창의성</li><li>• 과학 활동의 윤리성</li><li>• 과학 문제 해결에 대한 개방성</li><li>• 안전·지속가능 사회에 기여</li><li>• 과학 문화 향유</li></ul>                                                                                                                                                      |       |

## 나. 성취기준

### (1) 생물의 구조와 에너지

- [12생실01-01] 광학현미경으로 플랑크톤을 관찰하여 동물성 플랑크톤과 식물성 플랑크톤으로 구분할 수 있다.
- [12생실01-02] 주사전자현미경의 구조와 원리를 이해하고 주사전자현미경을 사용하여 선명한 상을 찾을 수 있다.
- [12생실01-03] 용액의 농도에 따른 삼투현상에 의한 원형질 분리 현상을 관찰할 수 있다.
- [12생실01-04] 삼투압과 수분퍼텐셜의 의미를 이해하고 실험을 통해 삼투압을 측정할 수 있다.
- [12생실01-05] 삼투현상에 영향을 미치는 요인을 알아보기 위한 탐구 활동을 설계하고 수행할 수 있다.
- [12생실01-06] 식물의 다양한 조직과 기관을 관찰하고 구조와 기능을 관련지어 설명할 수 있다.
- [12생실01-07] 무척추동물과 척추동물을 구성하는 각 기관의 위치, 구조, 기능을 관련지어 추론할 수 있다.
- [12생실01-08] 효소의 반응 속도에 영향을 미치는 요인을 알아보기 위한 실험을 수행하고 결론을 도출할 수 있다.
- [12생실01-09] 광합성 속도에 영향을 미치는 요인을 알아보기 위한 실험을 수행하고 결론을 도출할 수 있다.
- [12생실01-10] 환경 요인에 따른 세포호흡의 속도를 측정하는 실험의 가설을 설정하여 실험을 설계하고 수행할 수 있다.
- [12생실01-11] 효모의 발효에 영향을 미치는 요인을 변인으로 실험을 설계하고 수행할 수 있다.
- [12생실01-12] 원심분리기를 이용하여 혈액 내 적혈구가 차지하는 비율을 측정하는 실험을 수행하고, 산소호흡에 필요한 산소의 운반에 적혈구가 갖는 이점을 조사하여 발표할 수 있다.

#### (가) 성취기준 해설

- [12생실01-09] 빛, 온도와 pH 등 광합성 속도에 영향을 미치는 여러 가지 요인을 고려하여 다양한 실험을 수행할 수 있도록 한다.
- [12생실01-12] 혈액을 원심 분리하여 혈액에서 적혈구가 차지하는 비율을 측정하고 의미를 설명할 수 있도록 한다.

#### (나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 고등학교 ‘세포와 물질대사’의 세포, 물질대사와 에너지, 세포호흡과 광합성, ‘고급 생명과학’의 생물의 구조와 에너지와 연계된다.

- 용액의 농도 변화 관찰(차르다코프법)을 이용하여 삼투압을 측정할 수 있으며, 무게 혹은 부피 변화와 추세를 활용하여 삼투압을 구하는 방법을 통해 디지털 소양 역량을 함양할 수 있다.
- 현장에서 척추동물을 직접적으로 해부하기 어려우므로 가상 현실, 증강 현실 등의 기술을 활용한 애플리케이션을 통해 간접적으로 체험할 수 있도록 한다.
- 혈액 내 적혈구 비율 측정 실험은 원심분리기 대신 적정 기술로 소개된 종이 원심분리기(혹은 관련 도구)를 통해서도 같은 실험을 진행할 수 있다. 병원에서 건강을 진단하는 데 이용되는 다양한 혈액 내 수치들을 제시하여 각 수치의 의미가 무엇인지를 함께 학습하도록 지도한다.

## (2) 자극과 반응

[12생실02-01] 물리·화학적 자극에 대해 동물이 보이는 반응을 관찰하고 결과를 바르게 해석할 수 있다.

[12생실02-02] 식물의 자극과 반응을 확인하는 실험을 설계하여 수행하고 결론을 도출할 수 있다.

### (가) 성취기준 해설

- [12생실02-01] 사람과 다른 동물이 여러 가지 자극에 반응하는 것을 실험을 통해 확인하고 신호 전달 경로와 자극과 반응의 관계를 일반화할 수 있도록 한다.
- [12생실02-02] 씨앗 발아 및 유식물 생장 실험을 통해 식물의 굴중성과 굴광성 실험을 할 수 있음을 안내하거나, 식충식물이나 미모사 앞에서 보이는 자극과 반응에 대해 식물 내에서 일어나는 변화를 관찰하는 실험을 설계하여 수행할 수 있도록 한다.

### (나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 고등학교 ‘생명과학’의 항상성과 몸의 조절, ‘세포와 물질대사’의 물질대사와 에너지와 연계된다.
- 미모사 앞을 이용한 실험 등 자극과 반응을 확인할 수 있는 다양한 실험 방법을 설계하여 수행할 수 있도록 지도한다.

## (3) 생명의 연속성과 다양성

[12생실03-01] 체세포분열과 감수 분열을 관찰하여 세포분열 단계를 바르게 해석하고 각 단계의 특징에 관해 협력적으로 소통할 수 있다.

[12생실03-02] 속씨식물의 꽃가루관 발아 과정을 관찰할 수 있다.

[12생실03-03] 초파리의 초기 발생 과정을 관찰하고 시기별 특징을 구분하여 설명할 수 있다.

[12생실03-04] 닭의 발생 과정에 관한 영구표본을 관찰하고 시기별 특징을 다양한 매체를 활용하여 협력적으로 소통할 수 있다.

- [12생실03-05] 초파리 침샘염색체를 현미경을 통해 관찰하고 침샘염색체와 일반염색체의 차이를 추론할 수 있다.
- [12생실03-06] 야생형 초파리의 형질과 구별되는 다양한 돌연변이 형질을 관찰할 수 있다.
- [12생실03-07] 초파리 교배 실험을 통해 멘델 유전법칙을 확인하고 결과를 바르게 해석할 수 있다.
- [12생실03-08] X 염색체 연관 유전의 원리를 알아보는 교배 실험을 수행하고 결과를 바르게 해석할 수 있다.
- [12생실03-09] 가계 조사와 통계 조사를 통해 사람 유전 형질의 유전 원리를 추론할 수 있다.
- [12생실03-10] 진화적 관점에서 대립유전자의 빈도 변화를 알아보는 모의실험을 설계하고 수행할 수 있다.
- [12생실03-11] 생물체의 구조와 기능을 진화의 관점에서 이해할 수 있는 사례를 조사하여 발표할 수 있다.
- [12생실03-12] 생물을 채집하여 표본을 제작하고 생물을 동정하여 분류할 수 있다.

#### (가) 성취기준 해설

- [12생실03-01] 세포분열의 단계를 관찰하기 위한 실험 방법의 절차가 어떠한 의미를 갖는지를 학습할 수 있도록 한다.
- [12생실03-04] 닭의 발생 과정 관련하여 1~3일차의 초기 발생 과정 이후 시기의 닭 발생 과정을 유정란을 부화시켜 확인하는 실험은 지양하고, 닭 발생 연구표본을 이용하여 관찰한다.
- [12생실03-07~08] 초파리 교배와 X염색체 연관 유전에 관한 교배는 컴퓨터 시뮬레이션 프로그램을 활용하여 진행할 수도 있다. 교배의 예상 결과를 이론적으로 예측해 보고, 실제로 얻은 결과와 이론적으로 예측한 값의 차이가 발생하는 경우 그 원인에 대해서 탐색하도록 지도한다.
- [12생실03-09] 사람의 유전 형질을 연구하기 어려운 이유를 이해하고 가계도 분석과 통계 조사 등의 연구 필요성을 설명할 수 있도록 한다.

#### (나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 고등학교 ‘생명과학’의 생명의 연속성과 다양성, ‘생물의 유전’의 유전자와 유전물질, 유전자의 발현과 연계된다.
- 돌연변이체 이용 실험은 「유전자변형생물체의 국가 간 이동 등에 관한 법률」 등 관련 법률, 시행령, 시행규칙과 같은 규정에 따라 LMO 연구시설로 신고하고 LMO 관리대장을 작성하는 등 규정을 준수해야 한다. 또한 LMO와 관련된 모든 폐기물은 고압증기멸균기 또는 화학 약품을 처리하여 생물학적 활성을 제거하고, 「폐기물관리법」에 따라 처리해야 한다. 더 이상 LMO 관련 실험을 하지 않을 때는 연구시설 폐쇄 신고를 하는 등 관련 법규에 관한 숙지가 필요하다.

- 생물체의 구조와 기능을 진화의 관점으로 이해하는 실험은 가상 생물 모형을 이용하여 분류하고 계통수를 작성할 수 있으나, 앱이나 인공지능을 이용하여 분류와 계통수를 작성하여 디지털·인공지능 소양을 함양하도록 지도할 수 있다.

#### (4) 환경과 생태계

- [12생실04-01] 방형구법을 이용하여 식물 군집의 특성을 파악하고 우점종을 판별할 수 있다.
- [12생실04-02] 곤충 군집 조사 방법을 이해하고 함정(pit-fall) 트랩을 이용하여 곤충 군집을 조사할 수 있다.
- [12생실04-03] 특정 생태계를 관찰하고 생물 요소와 비생물 요소로 분류하여 이들 사이의 상호관계를 추론할 수 있다.
- [12생실04-04] 단세포 생물 배양을 통해 개체군의 생장 곡선을 그릴 수 있다.
- [12생실04-05] 동물 개체군에 영향을 주는 생물 요소와 비생물 요소를 추론할 수 있다.
- [12생실04-06] 환경오염 물질이 식물의 생장에 미치는 영향에 관한 실험을 설계하고 수행할 수 있다.

#### (가) 성취기준 해설

- [12생실04-04] 효모, 대장균 등을 이용하여 개체군 생장 곡선을 그릴 수 있도록 하며, 단세포 생물 대신 좁개구리밥을 이용하여 실험을 진행할 수 있다.
- [12생실04-06] 환경오염 물질 등 식물의 생장에 영향을 미칠 수 있는 다양한 환경 요소에 대해 탐색하도록 하고, 이러한 요인들이 식물의 생장에 어떠한 영향을 미치는지를 확인할 수 있는 실험을 설계하도록 한다.

#### (나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 고등학교 ‘생명과학’의 생명시스템의 구성과 연계된다.
- 생물 조사, 생물 채집할 때 주변 생태계에 영향을 크게 주지 않는 범위에서 활동하도록 지도한다.
- 협력적으로 소통하기 위한 설명 자료 및 발표 자료는 정보 그림, 시청각 설명 자료, 영상, 온라인 플랫폼 등 다양한 매체를 활용하도록 지도한다.
- 인류의 생태적, 사회적 상황에 대한 인식을 바탕으로 생태전환교육과 연계하여 문제 해결을 위한 전 과정에 참여하는 자질과 태도를 기르도록 한다.

#### (5) 생명공학

- [12생실05-01] 동물 세포 배양 관련 최신 연구를 조사하고 동물 세포를 계대 배양할 수 있다.
- [12생실05-02] 식물 조직 배양이 활용되는 분야를 조사하고, 식물 조직 배양 실험을 수행할 수 있다.

- [12생실05-03] 세포에서 DNA를 추출하는 실험을 수행하고 실험 과정의 각 단계가 어떤 의미가 있는지 추론할 수 있다.
- [12생실05-04] 전기영동의 원리를 이해하고 DNA 전기영동 실험을 수행하고 결과를 해석할 수 있다.
- [12생실05-05] 제한 효소의 종류가 다양함을 이해하고, 제한 효소의 기능을 확인하는 실험을 설계하여 수행할 수 있다.
- [12생실05-06] 대장균 형질전환 실험을 수행하고, 배양된 대장균의 형질전환 여부를 추론할 수 있다.
- [12생실05-07] 유전자를 증폭하는 실험을 수행하고 결과를 바르게 해석할 수 있다.
- [12생실05-08] 생물정보학의 연구 방법을 이용하여 유전체 분석이 인간의 질병 치료에 기여한 사례를 조사하여 다양한 매체를 활용하여 협력적 소통을 할 수 있다.

(가) 성취기준 해설

- [12생실05-06] 대장균 형질전환 실험 후 형질전환이 적절히 이루어졌는지 확인하는 방법을 함께 학습할 수 있도록 한다.
- [12생실05-07] 유전자 클로닝이나 PCR를 통해 유전자 증폭 실험을 할 수 있으며, 실험의 수행뿐만 아니라 해당 기술의 원리와 각 실험 단계에 활용된 시약들의 역할에 대해서 학습할 수 있도록 한다.
- [12생실05-08] 인간 유전체 정보를 확인할 수 있는 다양한 데이터베이스를 이용하고, 유전체 정보의 의미와 활용 방안에 대해 토론하도록 한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 고등학교 ‘생명과학’의 생명의 연속성과 다양성, ‘생물의 유전’의 유전자와 유전물질, 유전자의 발현, 생명공학 기술과 연계된다.
- 세포주 배양 실험이나 대장균 형질전환 실험은 「유전자변형생물체의 국가 간 이동 등에 관한 법률」 등 관련 법률, 시행령, 시행규칙과 같은 규정에 따라 LMO 연구시설로 신고하고 LMO 관리대장을 작성하는 등 규정을 준수해야 한다. 또한 LMO와 관련된 모든 폐기물은 고압증기 멸균기 또는 화학 약품을 처리하여 생물학적 활성을 제거하고, 「폐기물관리법」에 따라 처리해야 한다.
- DNA 추출과 전기영동, 제한 효소의 기능 확인, 형질전환 실험, 유전자 증폭 실험은 개별적으로 진행할 수도 있지만, 세포 혹은 대장균으로부터 DNA를 추출하여 확인하고, 추출한 DNA의 염기 서열을 토대로 적절한 제한 효소를 선택하여 처리하거나, DNA 형질전환 및 유전자 증폭 등의 실험에 활용하는 등의 방식으로 각 성취기준을 연계하여 학습할 수 있다.
- 협력적으로 소통하기 위한 설명 자료 및 발표 자료는 정보 그림, 시청각 설명 자료, 영상, 온라인 플랫폼 등 다양한 매체를 활용하도록 지도한다.

### 3. 교수·학습 및 평가

#### 가. 교수·학습

##### (1) 교수·학습의 방향

- (가) ‘생명과학 실험’ 관련 다양한 활동을 통해 ‘생명과학 실험’ 교육과정에서 제시한 목표를 달성하고, ‘생명과학 실험’ 관련 전문 소양 및 미래 사회에 필요한 역량을 함양하기 위한 교수·학습 계획을 수립하여 지도한다.
- (나) ‘생명과학 실험’ 교육과정의 내용 체계표에 제시된 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 균형 있게 발달시킬 수 있도록 지도한다.
- (다) 역량 함양을 위한 깊이 있는 학습이 이루어지도록 적절하고 다양한 일상생활 소재나 실험·실습의 기회를 학생들에게 제공하여 실제적인 맥락에서 문제를 해결하는 경험을 할 수 있도록 한다.
- (라) 학생의 발달과 성장을 지원할 수 있도록 학생의 능력 및 수준에 적합한 ‘생명과학 실험’ 과목의 교수·학습 계획을 수립하고, 학생이 능동적인 학습자로서 수업에 참여할 수 있도록 한다.
- (마) 디지털 교육 환경 변화에 따른 온·오프라인 연계 수업을 실시하고, 다양한 디지털 플랫폼과 기술 및 도구를 적극적으로 활용한다.

##### (2) 교수·학습 방법

- (가) 학년이나 학기 초에 교과 협의회를 열어 교육과정-교수·학습-평가가 일관되게 이루어질 수 있도록 ‘생명과학 실험’ 과목의 교수·학습 계획을 수립한다.
  - 교수·학습 계획 수립이나 학습 자료 개발 시 학교 여건, 지역 특성, 학습 내용의 특성과 난이도, 학생 수준, 자료의 준비 가능성 등을 고려하여 교육과정의 내용, 순서 등을 재구성할 수 있다.
  - 학생이 과제 연구, 과학관 견학과 같은 여러 가지 과학 활동에 참여할 수 있도록 계획한다.
  - 실험·실습에서 지속적인 관찰이 요구되는 내용을 지도할 때는 자료 준비, 관찰자, 관찰 내용 등에 관한 세부 계획을 미리 세운다.
  - 학생이 스스로 진로를 고려하여 과학 과목 이수 경로를 설계할 수 있도록 하고, 선택 과목 간

교육내용 연계 및 진로연계교육을 고려하여 지도계획을 수립한다.

- 융합적 사고와 과학적 창의성을 계발하기 위해 내용 연계성을 고려하여 과목 내 영역이나 수학, 기술, 공학, 예술 등 다른 교과와 통합 및 연계하여 지도할 수 있도록 계획한다.

(나) 강의, 실험, 토의·토론, 발표, 조사, 역할 놀이, 프로젝트, 과제 연구, 야외 조사, 과학관 견학과 같은 학교 밖 과학 활동 등 다양한 교수·학습 방법을 적절히 활용하고, 학생이 능동적으로 수업에 참여할 수 있도록 한다.

- 학생의 지적 호기심과 학습 동기를 유발할 수 있도록 발문하고, 개방형 질문을 적극적으로 활용한다.
- 교사 중심의 실험보다 학생 중심의 탐구 활동을 설계하고, 동료들과의 협업을 통해 과제를 해결하는 과정에서 상호 협력이 중요함을 인식하도록 지도한다.
- 탐구 수행 과정에서 자신의 의견을 명확히 표현하고 다른 사람의 의견을 존중하는 태도를 가지며, 과학적인 근거에 기초하여 의사소통하도록 지도한다.
- 모형을 사용할 때는 모형과 실제 자연 현상 사이에 차이가 있음을 이해할 수 있도록 한다.
- 과학 및 과학과 관련된 사회적 쟁점을 주제로 과학 글쓰기와 토론을 실시하여 과학적 사고력, 과학적 의사소통 능력 등을 함양할 수 있도록 지도한다.

(다) 학생의 디지털 소양 함양과 교수·학습 환경의 변화를 고려하여 교수·학습을 지원하는 다양한 디지털 기기 및 환경을 적극적으로 활용한다.

- ‘생명과학 실험’ 학습에 대한 학생의 이해를 돕고 흥미를 유발하며 구체적 조작 경험과 활동을 제공하기 위해 모형이나 시청각 자료, 가상 현실이나 증강 현실 자료, 소프트웨어, 컴퓨터 및 스마트 기기, 인터넷 등의 최신 정보통신기술과 기기 등을 실험과 탐구에 적절히 활용한다.
- 온라인 학습 지원 도구를 적극적으로 활용하여 대면 수업의 한계를 극복하고, 다양한 교수·학습 활동이 온라인 학습 환경에서도 이루어질 수 있도록 한다.
- 지능정보기술 등 첨단 과학기술 기반의 과학 교육이 이루어질 수 있도록 지능형 과학실을 활용한 탐구 실험·실습 중심의 교수·학습 활동 계획을 수립하여 실행한다.
- ‘생명과학 실험’ 관련 탐구 활동에서 다양한 센서나 기기 등 디지털 탐구 도구를 활용하여 실시간으로 자료를 측정하거나 한국생명공학연구원 등 공공기관에서 제공한 자료를 활용하여 자료를 수집하고 처리하는 기회를 제공한다.
- 학교 및 학생의 디지털 활용 수준 등을 고려하여 디지털 격차가 발생하지 않도록 유의한다.

(라) 학생의 ‘생명과학 실험’에 대한 흥미, 즐거움, 자신감 등 정의적 영역에 관한 성취를 높이고 ‘생명과학 실험’ 관련 진로를 탐색할 수 있는 교수·학습 방안을 강구한다.

- 과학 지식의 잠정성, 과학적 방법의 다양성, 과학 윤리, 과학·기술·사회의 상호 관련성, 과학적 모델의 특성, 과학의 본성과 관련된 내용을 적절한 소재를 활용하여 지도한다.
  - 학습 내용과 관련된 첨단 과학기술을 다양한 형태의 자료로 제시함으로써 현대 생활에서 첨단 과학이 갖는 가치와 잠재력을 인식하도록 지도한다.
  - 생명과학자 이야기, 생명과학사, 시사성 있는 최신 생명과학 내용 등을 도입하여 과학에 대한 호기심과 흥미를 유발한다.
  - 학교의 지역적 특성을 고려하여 지역의 자연 환경, 지역 명소, 박물관, 과학관 등 지역별 과학 교육 자원을 적극적으로 활용한다.
  - ‘생명과학 실험’ 관련 직업이나 다양한 활용 사례를 통해 학습과 진로에 대한 동기를 부여한다.
- (마) 학생이 ‘생명과학 실험’ 교육과정에 제시된 탐구 및 실험·실습 활동을 안전하게 진행할 수 있는 환경을 조성한다.
- 실험 기구의 사용 방법, 화학 약품을 다룰 때 주의할 점과 안전 사항을 사전에 지도하여 사고가 발생하지 않도록 유의한다.
  - 야외 탐구 활동 및 현장 학습 시에는 사전 답사를 하거나 관련 자료를 조사하여 안전한 활동을 실행한다.
  - 실험 기구나 재료는 수업 이전에 충분히 준비하되, 실험 후 발생하는 폐기물은 적절한 절차에 따라 처리하여 환경을 오염시키지 않도록 유의한다.
  - 생물을 다룰 때는 생명을 아끼고 존중하는 태도를 가질 수 있도록 지도한다.
- (바) 범교과 학습, 생태전환교육, 디지털·인공지능 기초 소양 함양과 관련한 교육내용 중 해당 주제와 연계하여 지도할 수 있는 내용을 선정하여 함께 학습할 수 있도록 지도한다.
- (사) 학습 부진 학생, 특정 분야에서 탁월한 재능을 보이는 학생, 특수교육 대상 학생 등 모두를 위한 교육을 위해 학습자가 지닌 교육적 요구에 적합한 교수·학습 계획을 수립하여 지도한다.
- 학생의 능력과 흥미 등 개인차를 고려하여 학습 내용과 실험·실습 활동 등을 수정하거나 대체 활동을 마련하여 제공할 수 있다.
  - 특수교육 대상 학생의 학습 참여도를 높이기 위해 학습자의 장애 및 발달 특성을 고려하여 교과 내용이나 실험·실습 활동을 보다 자세히 안내하거나 학생이 이해할 수 있도록 적합한 대안을 제시할 수 있다.
- (아) 교육과정에서 제시된 성취기준에 학생이 도달할 수 있도록 하고, 최소 성취수준 보장을 위한 교수·학습 계획을 수립한다.

- 교수·학습 과정에서 학생의 성취 정도를 수시로 파악함으로써 교육과정 성취기준 도달 정도를 점검한다.
- 교육과정 성취기준에 도달하지 못하는 학생을 위해서 별도의 학습 자료를 제공하는 등 최소 성취수준에 도달할 수 있도록 지도한다.

## 나. 평가

### (1) 평가의 방향

- (가) ‘생명과학 실험’에서의 평가는 교육과정 성취기준에 근거하여 실시하되, 평가 결과에 대한 환류를 통해 학생의 학습과 성장을 도울 수 있도록 계획하여 실시한다.
- (나) ‘생명과학 실험’ 교육과정상의 내용 체계와의 관련성을 고려하여 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 균형 있게 평가하되, 지식·이해 중심의 평가를 지양한다.
- (다) 학습 부진 학생, 특정 분야에서 탁월한 재능을 보이는 학생, 특수교육 대상 학생 등의 경우 적절한 평가 방법을 제공하여 교육적 요구에 맞는 평가가 이루어질 수 있도록 한다.
- (라) ‘생명과학 실험’ 학습 내용을 평가할 때, 온라인 학습 지원 도구 등 디지털 교육 환경을 활용한 평가 방안이나 평가 도구를 적극적으로 활용한다.

### (2) 평가 방법

- (가) ‘생명과학 실험’ 과목의 평가는 평가 계획 수립, 평가 문항과 도구 개발, 평가의 시행, 평가 결과의 처리, 평가 결과의 활용 등의 절차를 거쳐 실시한다.
- (나) 교수·학습 계획을 수립할 때, ‘생명과학 실험’ 교육과정 성취기준을 고려하여 평가의 시기나 방법을 포함한 평가 계획을 함께 수립한다.
  - 교수·학습과 평가를 유기적으로 연결하여, 학습 결과에 대한 평가뿐만 아니라 평가 과정이 학생 자신의 학습 과정이나 결과를 성찰할 기회가 되도록 한다.
  - 평가의 시기와 목적에 맞게 진단 평가, 형성 평가, 총괄 평가 등을 계획하여 실시한다.
  - 평가는 교수·학습의 목표와 성취기준에 근거하여 실시하고, 그 결과를 후속 학습 지도 계획 수립과 지도 방법 개선, 진로 지도 등에 활용한다.
  - 평가 결과를 바탕으로 학생 개별 맞춤형 환류를 제공하여 학생 스스로 평가 결과를 해석하고 학습 계획을 세울 수 있도록 한다.

(다) 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 고르게 평가함으로써 ‘생명과학 실험’의 교수·학습 목표 도달 여부를 종합적으로 파악할 수 있도록 한다. 또한, 학습의 결과뿐만 아니라 학습의 과정도 함께 평가한다.

- ‘생명과학 실험’의 생명과학 실험 방법을 이해하고 적용하는 능력을 평가한다.
- ‘생명과학 실험’의 과학적 탐구에 필요한 문제 인식 및 가설 설정, 탐구 설계 및 수행, 자료 수집분석 및 해석, 결론 도출 및 일반화, 의사소통과 협업 등과 관련된 과정·기능을 평가한다.
- ‘생명과학 실험’에 대한 흥미와 가치 인식, 학습 참여의 적극성, 협동성, 과학적으로 문제를 해결하는 태도, 창의성 등을 평가한다.

(라) ‘생명과학 실험’을 평가할 때는 학생의 학습 과정과 결과를 평가하기 위해 지필평가(선택형, 서술형, 논술형 등), 관찰, 실험·실습, 보고서, 면담, 구술, 포트폴리오, 자기 평가, 동료 평가 등의 다양한 방법을 활용한다.

- 성취기준에 근거하여 평가 요소에 적합한 평가 상황을 설정하고, 타당한 평가 방법을 선정한다.
- 타당도와 신뢰도가 높은 평가를 위하여 가능하면 공동으로 평가 도구를 개발하여 활용한다.
- 평가 도구를 개발할 때는 창의융합적 문제해결력과 인성 및 감성 함양에 도움이 되는 소재나 상황들을 적극적으로 발굴하여 활용한다.
- 평가 요소에 따라 개별 평가와 모둠 평가를 실시하고, 자기 평가와 동료 평가도 활용할 수 있다.
- 디지털 교수·학습 환경을 고려하여 온라인 학습 지원 도구 등을 활용한 온라인 평가를 병행하여 활용할 수 있다.

(마) 학생들의 ‘생명과학 실험’ 교육과정 성취기준에 대한 도달 정도를 파악하기 위해 형성 평가를 실시하고, 그 결과를 바탕으로 최소 성취수준 보장을 위한 맞춤형 교수·학습 활동을 실시한다.

- 다양한 평가 도구를 활용하여 ‘생명과학 실험’ 교육과정에 근거한 최소 성취수준에 도달할 수 없는 학생을 사전에 파악함으로써 최소 성취수준 보장을 위한 조치를 취한다.
- 평가 결과를 학생의 ‘생명과학 실험’ 학습 성취수준에 대한 진단과 더불어 학생 맞춤형 보정 계획과 연계하도록 한다.

# 지구과학 실험

## 1. 성격 및 목표

### 가. 성격

‘지구과학 실험’은 지구를 포함한 우주 공간에서 나타나는 현상에 대한 기본 개념을 바탕으로 지구과학적 탐구를 직간접적으로 체험하고 고급 지구과학의 심화 개념과 탐구 능력을 충분히 활용하여 실생활에서의 문제해결 능력과 과학적 소양을 함양하기 위한 과목이다.

‘지구과학 실험’에서는 ‘지구과학적 소양을 갖추고 더불어 살아가는 창의적인 사람’을 육성하기 위해 시·공간적으로 밀접하게 관련된 지구시스템과 우주에 대한 현상을 통합적으로 인식하고, 올바른 과학적 가치 판단 능력과 객관적 탐구 태도를 갖추어 개인과 사회, 인류가 직면한 문제를 해결하기 위해 민주시민으로서 참여하고 실천하는 역량을 기르는 데 중점을 둔다.

‘지구과학 실험’은 과학계열 고등학교 융합 선택 과목인 ‘고급 지구과학’의 지식과 실천을 확장하여 미래 사회를 살아가는 데 필요한 역량을 함양하고, 고등학교 일반선택 과목인 ‘지구과학’, 진로 선택 과목인 ‘지구시스템과학’ 및 ‘행성우주과학’과 연계된다.

‘지구과학 실험’은 일반계 고등학교나 과학계열 고등학교에서 지구과학의 심화된 교육과정을 이수하는 학생을 위한 과목이므로 지구과학 분야의 전공과목을 이수하는 데 필요한 지식 및 탐구 방법을 바탕으로 지구와 우주에 대한 현상을 통합적인 관점에서 파악할 수 있도록 고체 지구 탐구, 대기와 해양 탐구, 우주 탐구 3개의 영역에 대해 ‘지식·이해, 과정·기능, 가치·태도’의 세 차원을 포괄할 수 있도록 구성하였다. 고체 지구 탐구 영역에서는 지구 내부의 구조, 지구의 구성 물질과 암석, 지구의 역사를 통해 지구시스템의 구성과 변화에 대한 내용을 다룬다. 대기와 해양 탐구 영역에서는 대기와 해양에 작용하는 힘, 대기의 성질과 운동, 해수의 성질과 운동, 대기와 해양의 상호 작용을 통해 유체 지구의 특징에 관한 내용을 다룬다. 우주 탐구 영역에서는 천구와 천체의 운동, 별의 특성과 항성 물리, 은하와 우주를 통해 천체 및 우주에 대한 전반적인 내용을 다룬다. 이러한 구성은 지구과학 소양을 기반으로 학습한 내용을 삶의 맥락에서 적용하여 복잡한 문제를 해결하는 역량을 갖추고 당면한 전 지구적 위기에 능동적으로 대응할 수 있는 미래 핵심역량 함양에 기여할 것이다.

‘지구과학 실험’에서는 심화된 지구과학 개념과 원리 및 탐구 중심의 학습을 통해 성취기준의 세 차원을 상호보완적으로 연계하여 영역별 핵심 아이디어에 도달할 수 있다. 이를 통해 첨단 과학 기술이 요구하는 창의적 지식 생산과 더불어 변동성과 불확실성이 특징인 미래 사회에 대응할 수 있는 역량을 갖추므로써 과학적 소양을 함양할 수 있을 것이다.

## 나. 목표

지구와 우주에 대한 개념 중심 탐구를 바탕으로 고체 지구, 대기와 해양, 우주 관련 핵심 개념을 통합적으로 이해하여 학문적 흥미와 호기심을 가지고 지구의 소중함과 우주의 아름다움을 인식한다. 또한, 지구과학 분야의 다양한 연구 성과를 탐구하고 최신 연구 자료를 중심으로 실제 실험 및 시뮬레이션을 수행하는 과정을 통해 올바른 과학적 가치 판단 능력을 함양하며, 이를 토대로 실생활에서의 문제를 창의적으로 해결하는 역량과 민주시민으로서 참여하는 자세 및 실천하는 과학적 소양을 기른다.

- (1) 지구의 소중함과 우주의 아름다움을 인식하고 지구와 우주에서 나타나는 자연 현상을 통합적으로 이해하는 능력을 기른다.
- (2) 지구과학의 고체 지구, 대기와 해양, 우주 영역에 대하여 심화 및 발전된 핵심 개념과 연계된 탐구 및 실험 활동 능력을 배양한다.
- (3) 지구와 우주를 과학적으로 탐구하는 능력을 기르고 전체 지구와 우주 시스템에서 나타나는 문제를 파악하여 창의적으로 해결할 수 있는 능력을 기른다.
- (4) 지구와 우주에 대한 문제를 해결하기 위한 공동체의 역할을 이해하고 민주시민으로서의 참여와 실천을 통해 지속가능한 사회 유지에 기여한다.

## 2. 내용 체계 및 성취기준

### 가. 내용 체계

|         |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |       |
|---------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 핵심 아이디어 |           | <ul style="list-style-type: none"><li>• 지진파와 역장 연구를 통해 지구 내부구조와 상태를 탐구한다.</li><li>• 편광현미경으로 드러나는 조직에 따라 암석을 화성암, 변성암, 퇴적암으로 구분한다.</li><li>• 지층의 기록을 통해 지질시대 동안 지구 환경과 생물의 변천을 밝혀낸다.</li><li>• 압력경도력, 전향력 등과 같이 바람과 해류를 발생시키는 여러 가지 힘의 영향과 결과를 탐구한다.</li><li>• 별은 다양한 물리량에 따라 분류되며, 별의 질량에 따라 내부구조 및 진화 경로가 달라진다.</li><li>• 별과 성간 물질을 연구하여 은하의 구조와 질량 분포를 알아낸다.</li></ul> |       |
| 범주      |           | 구분                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 내용 요소 |
| 지식·이해   | 고체 지구 탐구  | <ul style="list-style-type: none"><li>• 지구타원체와 지오이드</li><li>• 진앙과 진원의 위치 결정 • 지구 중력 측정과 중력 보정</li><li>• 편광현미경과 박편 관찰 • 고지자기와 인도 대륙의 이동 경로 구하기</li><li>• 암석의 절대 연령 측정 • 주향과 경사의 측정 • 지질도 작성과 해석</li></ul>                                                                                                                                                                 |       |
|         | 대기와 해양 탐구 | <ul style="list-style-type: none"><li>• 단열선도 작성과 해석 • 전향력 시뮬레이션 • 일기도 작성 및 분석</li><li>• 기상 위성 사진 해석 • 대기 대순환 시뮬레이션과 해석</li><li>• 천해파 속도 • 조석 자료 분석</li><li>• 수온과 염분의 자료 분석 • 해수면 경사와 해류</li></ul>                                                                                                                                                                        |       |
|         | 우주 탐구     | <ul style="list-style-type: none"><li>• 지평좌표계와 적도 좌표계 • 인공위성과 원격 탐사</li><li>• 천체 망원경 조작법 • 천체 사진 촬영법</li><li>• 달과 행성 관측 • 별의 스펙트럼 관측 • 변광성 측정법</li><li>• H-R도 작성 • 쌍성의 질량 계산</li><li>• 은하 회전 곡선을 이용한 질량 구하기</li></ul>                                                                                                                                                    |       |
| 과정·기능   |           | <ul style="list-style-type: none"><li>• 지구와 우주 관련 시스템과 현상으로부터 문제를 인식하고 가설을 설정하기</li><li>• 변인을 조작적으로 정의하여 실험 설계하기</li><li>• 표준화된 측정 도구를 사용하여 자료와 증거를 수집·해석하기</li><li>• 수학적 공식과 모델을 활용하여 설명하고 예측하기</li><li>• 실험 결과와 과학적 사고에 근거하여 자료를 분석·해석·평가하기</li><li>• 증거를 바탕으로 지구과학의 법칙과 이론을 도출·주장하고 의사 결정에 활용하기</li></ul>                                                             |       |
| 가치·태도   |           | <ul style="list-style-type: none"><li>• 과학의 심미적 가치</li><li>• 과학 유용성</li><li>• 자연과 과학에 대한 감수성</li><li>• 과학 창의성</li><li>• 과학 활동의 윤리성</li><li>• 과학 문제해결에 대한 개방성</li><li>• 안전·지속가능 사회에 기여</li><li>• 과학 문화 향유</li></ul>                                                                                                                                                       |       |

## 나. 성취기준

### (1) 고체 지구 탐구

- [12지실01-01] 지구타원체 개념으로 지구의 모양과 크기를 이해하고, 인공위성 실측 자료를 이용하여 지오이드의 형태를 그릴 수 있다.
- [12지실01-02] 실제 지진 관측 자료를 이용하여 진앙의 위치와 진원 깊이를 결정하고 지각의 두께를 계산할 수 있다.
- [12지실01-03] 다양한 방법으로 지구의 중력을 측정하고 관측 지점의 고도와 질량 분포를 고려하여 중력을 보정할 수 있다.
- [12지실01-04] 고지자기 자료를 이용하여 대륙의 이동을 해석하는 방법을 이해하고 고지자기 극의 겹보기 이동 경로를 이용하여 지질시대 대륙 이동을 설명할 수 있다.
- [12지실01-05] 해저 지각의 고지자기 분포와 연령 분포 자료를 이용하여 해저 확장 속도를 계산하고 이를 판구조론의 증거로 제시할 수 있다.
- [12지실01-06] 광물의 물리적 성질과 화학적 성질을 이용하여 주요 광물을 분류할 수 있다.
- [12지실01-07] 편광현미경을 이용하여 다색성, 간섭색, 소광 등을 관찰하고 이를 이용하여 광물을 구분하고 분류할 수 있다.
- [12지실01-08] 화성암, 변성암, 퇴적암의 성인과 생성 환경을 이해하고, 이를 바탕으로 각 암석을 분류할 수 있다.
- [12지실01-09] 지사학의 원리를 적용하여 층서를 대비하고 상대 연령을 결정할 수 있다.
- [12지실01-10] 방사성 동위 원소의 반감기를 이용한 절대 연령 측정 원리를 이해하고, 암석의 절대 연령을 계산할 수 있다.
- [12지실01-11] 지질시대별로 산출되는 화석을 이해하고 우리나라에서 산출되는 화석을 통해 고생물의 생존 당시 서식 환경을 추론할 수 있다.
- [12지실01-12] 지층의 주향과 경사를 측정하는 방법을 이해하고 지질도를 해석하여 지층의 주향과 경사 및 두께를 계산할 수 있다.

### (가) 성취기준 해설

- [12지실01-08] 암석 표본과 함께 학교 주변의 암석을 직접 관찰하고 분류할 수 있도록 한다.
- [12지실01-10] 다양한 반감기를 가진 동위원소를 이용하여 절대 연령을 구하는 탐구 활동을 수행한다.
- [12지실01-11] 우리나라에서 산출되는 화석의 표본을 제시하고 생존 환경을 모둠별 토론 활동을 통해 추론하도록 한다.
- [12지실01-12] 실제 지층에서의 주향과 경사를 측정하고 노선 지질도에서 주향과 경사를 분석하는 과정을 이해하도록 한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 고등학교 ‘지구과학’의 지구의 역사와 한반도의 암석, ‘지구시스템과학’의 지구 탄생과 생동하는 지구 영역과 연계된다.
- 편광현미경을 이용한 광물의 광학적 성질 관찰에서는 미지의 암석 박편에 나타나는 광물의 특징을 관찰하여 암석을 추론하는 수행평가를 실시할 수 있다.

(2) 대기와 해양 탐구

- [12지실02-01] 기압과 수증기량의 관계를 이해하고, 혼합비와 비습 등의 개념을 적용하여 수증기량을 계산할 수 있다.
- [12지실02-02] 단열선도의 구성 요소를 이해하고, 단열선도에서 상승응결고도(LCL), 대류응결고도(CCL), 자유대류고도(LFC)를 구할 수 있다.
- [12지실02-03] 서로 다른 시기의 고도에 따른 기온과 이슬점 온도 분포 자료를 통해 구름의 생성 높이를 구하고 대기 안정도를 설명할 수 있다.
- [12지실02-04] 전향력 효과를 이해할 수 있는 시뮬레이션 자료를 찾아보고, 전향력의 영향을 받는 물체의 운동 경로를 설명할 수 있다.
- [12지실02-05] 지상 일기도와 상층 일기도를 해석하여 지균풍속과 경도풍속을 비교할 수 있다.
- [12지실02-06] 대기 대순환을 이해할 수 있는 시뮬레이션 자료를 찾아보고, 대기 대순환과 평균 자오면 순환으로 설명할 수 있는 현상을 찾아 발표할 수 있다.
- [12지실02-07] 다양한 해역의 ARGO 자료를 분석하여 해수의 성질을 설명할 수 있다.
- [12지실02-08] 조파 실험 장치를 이용하여 해일이 발생하는 원리를 이해하고, 천해파의 성질을 설명할 수 있다.
- [12지실02-09] 해양의 밀도 구조를 통해 해수면과 수온약층의 경사를 이해하고 해류의 속도를 계산할 수 있다.
- [12지실02-10] 열 염분 순환을 확인할 수 있는 실험을 설계하고 이를 통하여 열 염분 순환의 원리를 설명할 수 있다.
- [12지실02-11] 다양한 지역의 조석 자료를 분석하여 조석의 유형을 이해하고, 평형 조석론과 동역학적 조석론의 개념으로 조석 현상을 설명할 수 있다.

(가) 성취기준 해설

- [12지실02-02] 실제 측정 자료를 이용하여 단열선도에서 수증기량과 관련된 요소를 판단하는 실습을 통해 단열선도를 이해하도록 한다.
- [12지실02-06] 대기 대순환과 평균 자오면 순환을 설명할 수 있는 동영상 자료를 찾아 모둠별 토론 활동을 통해 자료를 공유할 수 있도록 한다.

- [12지실02-10] 수온과 염분 조건을 달리하여 밀도가 서로 다른 수괴가 섞이기 어렵다는 사실을 파악할 수 있도록 한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 고등학교 ‘지구과학’의 대기와 해양의 상호 작용, ‘지구시스템과학’의 해수의 운동, 강수 과정과 대기의 운동 영역과 연계된다.
- 디지털·인공지능 소양 함양과 관련하여 특정 해양의 ARGO 데이터를 수집하여 해양의 성질을 분석하는 수행평가를 실시할 수 있다.
- 조파 실험 장치는 시뮬레이션 실험으로 진행할 수 있다.

(3) 우주 탐구

- [12지실03-01] 천구의를 이용하여 구면 좌표의 원리를 이해하고 천체의 위치를 표현할 수 있다.
- [12지실03-02] 천체 관측 프로그램을 이용하여 아날렘마, 행성의 겉보기 운동 등을 시뮬레이션할 수 있다.
- [12지실03-03] 시간계를 정의하는 다양한 방법을 이해하고, 태양의 위치 변화 자료를 이용하여 시 태양시, 평균 태양시, 균시차의 개념을 설명할 수 있다.
- [12지실03-04] 인공위성의 고도 변화와 공전 주기 등을 이용하여 케플러 법칙을 이해하고, 행성의 질량을 계산할 수 있다.
- [12지실03-05] 천체 망원경을 조작하여 천체를 관측하고 망원경의 성능을 이해하여 관측 시스템의 분해능, FOV, 행성의 크기 등을 계산할 수 있다.
- [12지실03-06] 달 표면 관측 자료를 이용하여 크레이터의 크기와 높이를 계산할 수 있다.
- [12지실03-07] 태양의 흑점 관측 자료를 분석하여 흑점군 분류, 상대 흑점수, 흑점 주기를 구하고, 태양의 위도에 따른 자전주기를 구할 수 있다.
- [12지실03-08] 주계열 맞추기와 세페이드 변광성의 주기-광도 관계 등을 이용하여 우리은하에 속한 천체와 외부은하에 속한 천체까지의 거리를 계산할 수 있다.
- [12지실03-09] 분광기를 이용하여 태양과 별의 스펙트럼을 관측하고, 흑체복사 법칙을 이용하여 별의 스펙트럼과 물리량을 비교할 수 있다.
- [12지실03-10] 차등측광법의 원리를 이해하고 측광계의 기기등급을 통해 표준등급과 색지수를 구할 수 있다.
- [12지실03-11] 다양한 성단의 측광 자료를 이용하여 성단의 H-R도를 작성하고 성단의 특징을 비교할 수 있다.
- [12지실03-12] 성간 티끌에 의한 성간 소광과 색초과의 관계를 이해하고, 색초과를 고려하여 별의 거리를 계산할 수 있다.

- [12지실03-13] 우리은하에 존재하는 다양한 구상 성단의 공간 분포 자료를 분석하여 우리은하의 중심을 찾을 수 있다.
- [12지실03-14] 다양한 외부은하의 관측 자료를 이용하여 은하 중심으로부터의 거리에 따른 회전 속도 양상을 분석하고 은하의 질량을 구할 수 있다.
- [12지실03-15] 허블-르메트르 법칙을 이용하여 우주의 크기와 나이를 계산하는 과정을 유도하고 최신 연구 결과를 통하여 우주 팽창에 대하여 설명할 수 있다.

(가) 성취기준 해설

- [12지실03-03] 항성시, 태양시, 지방시, 태음시의 정의와 차이점을 설명할 수 있도록 한다.
- [12지실03-06] 학교 장비를 이용하여 광학계의 FOV를 계산한 후, 직접 촬영한 천체 관측 자료를 분석하는 탐구 활동을 수행한다.
- [12지실03-09] 디지털·인공지능 소양 함양과 관련하여 스마트폰 어플리케이션을 이용하여 별의 스펙트럼을 분석할 수 있도록 한다.

(나) 성취기준 적용 시 고려 사항

- 고등학교 ‘지구과학’의 태양계 천체와 별과 우주의 진화, ‘행성우주과학’ 전반과 연계된다.
- 태양 관측 시에는 반드시 태양 관측 필터를 사용하고, 태양표면 격자를 활용하여 흑점 자료를 분석한다.

### 3. 교수·학습 및 평가

#### 가. 교수·학습

##### (1) 교수·학습의 방향

- (가) ‘지구과학 실험’ 관련 다양한 활동을 통해 ‘지구과학 실험’ 교육과정에서 제시한 목표를 달성하고, ‘지구과학 실험’ 관련 기초 소양 및 미래 사회에 필요한 역량을 함양하기 위한 교수·학습 계획을 수립하여 지도한다.
- (나) ‘지구과학 실험’ 교육과정의 내용 체계표에 제시된 핵심 개념인 지식·이해뿐만 아니라 과정·기능, 가치·태도를 균형 있게 발달시킬 수 있도록 지도한다.
- (다) 역량 함양을 위한 깊이 있는 학습이 이루어지도록 적절하고 다양한 일상생활 소재나 실험·

실습의 기회를 학생들에게 제공하여 실제적인 맥락에서 문제를 해결하는 경험을 할 수 있도록 한다.

- (라) 학생의 발달과 성장을 지원할 수 있도록 학생의 능력 및 수준에 적합한 ‘지구과학 실험’ 과목의 교수·학습 계획을 수립하고, 학생이 능동적인 학습자로서 수업에 참여할 수 있도록 한다.
- (마) 디지털 교육 환경 변화에 따른 온·오프라인 연계 수업을 실시하고, 다양한 디지털 플랫폼과 기술 및 도구를 적극적으로 활용한다.

## (2) 교수·학습 방법

- (가) 학년이나 학기 초에 교과 협의회를 열어 교육과정-교수·학습-평가가 일관되게 이루어질 수 있도록 ‘지구과학 실험’ 과목의 교수·학습 계획을 수립한다.
  - 교수·학습 계획 수립이나 학습 자료 개발 시 학교 여건, 지역 특성, 학습 내용의 특성과 난이도, 학생 수준, 자료의 준비 가능성 등을 고려하여 교육과정의 내용, 순서 등을 재구성할 수 있다.
  - 학생이 과제 연구, 과학관 견학과 같은 여러 가지 과학 활동에 참여할 수 있도록 계획한다.
  - 실험·실습에서 지속적인 관찰이 요구되는 내용을 지도할 때는 자료 준비, 관찰자, 관찰 내용에 관한 세부 계획을 미리 세운다.
  - 학생이 스스로 진로를 고려하여 과학 과목 이수 경로를 설계할 수 있도록 하고, 선택 과목 간 교육내용 연계 및 진로연계교육을 고려하여 지도계획을 수립한다.
  - 융합적 사고와 과학적 창의성을 계발하기 위해 내용 연계성을 고려하여 과목 내 영역이나 수학, 기술, 공학, 예술 등 다른 교과와 통합 및 연계하여 지도할 수 있도록 계획한다.
- (나) 강의, 실험, 토의·토론, 발표, 조사, 역할 놀이, 프로젝트, 과제 연구, 과학관 견학과 같은 학교 밖 과학 활동 등 다양한 교수·학습 방법을 적절히 활용하고, 학생이 능동적으로 수업에 참여할 수 있도록 한다.
  - 학생의 지적 호기심과 학습 동기를 유발할 수 있도록 발문하고, 개방형 질문을 적극적으로 활용한다.
  - 교사 중심의 실험보다 학생 중심의 탐구 활동을 설계하고, 동료들과의 협업을 통해 과제를 해결하는 과정에서 상호 협력이 중요함을 인식하도록 지도한다.
  - 탐구 수행 과정에서 자신의 의견을 명확히 표현하고 다른 사람의 의견을 존중하는 태도를 가지며, 과학적인 근거에 기초하여 의사소통하도록 지도한다.

- 모형을 사용할 때는 모형과 실제 자연 현상 사이에 차이가 있음을 이해할 수 있도록 한다.
- 과학 및 과학과 관련된 사회적 쟁점을 주제로 과학 글쓰기와 토론을 실시하여 과학적 사고력, 과학적 의사소통 능력 등을 함양할 수 있도록 지도한다.

(다) 학생의 디지털 소양 함양과 교수·학습 환경의 변화를 고려하여 교수·학습을 지원하는 다양한 디지털 기기 및 환경을 적극적으로 활용한다.

- ‘지구과학 실험’ 학습에 대한 학생의 이해를 돕고 흥미를 유발하며 구체적 조작 경험과 활동을 제공하기 위해 모형이나 시청각 자료, 가상 현실이나 증강 현실 자료, 소프트웨어, 컴퓨터 및 스마트 기기, 인터넷 등의 최신 정보통신기술과 기기 등을 실험과 탐구에 적절히 활용한다.
- 온라인 학습 지원 도구를 적극적으로 활용하여 대면 수업의 한계를 극복하고, 다양한 교수·학습 활동이 온라인 학습 환경에서도 이루어질 수 있도록 한다.
- 지능정보기술 등 첨단 과학기술 기반의 과학 교육이 이루어질 수 있도록 지능형 과학실을 활용한 탐구 실험·실습 중심의 교수·학습 활동 계획을 수립하여 실행한다.
- ‘지구과학 실험’ 관련 탐구 활동에서 다양한 센서나 기기 등 디지털 탐구 도구를 활용하여 실시간으로 자료를 측정하거나 기상청 등 공공기관에서 제공한 자료를 활용하여 자료를 수집하고 처리하는 기회를 제공한다.
- 학교와 학생의 디지털 활용 수준 등을 고려하여 디지털 격차가 발생하지 않도록 유의한다.

(라) 학생의 ‘지구과학 실험’에 대한 흥미, 즐거움, 자신감 등 정의적 영역에 관한 성취를 높이고 ‘지구과학 실험’ 관련 진로를 탐색할 수 있는 교수·학습 방안을 강구한다.

- 과학 지식의 잠정성, 과학적 방법의 다양성, 과학 윤리, 과학·기술·사회의 상호 관련성, 과학적 모델의 특성, 과학의 본성과 관련된 내용을 적절한 소재를 활용하여 지도한다.
- 학습 내용과 관련된 첨단 과학기술을 다양한 형태의 자료로 제시함으로써 현대 생활에서 첨단 과학이 갖는 가치와 잠재력을 인식하도록 지도한다.
- 과학자 이야기, 과학사, 시사성 있는 과학 내용 등을 도입하여 과학에 대한 호기심과 흥미를 유발한다.
- 학교의 지역적 특성을 고려하여 지역의 자연 환경, 지역 명소, 박물관, 과학관 등 지역별 과학 교육 자원을 적극적으로 활용한다.
- ‘지구과학 실험’ 관련 직업이나 다양한 활용 사례를 통해 학습과 진로에 대한 동기를 부여한다.

(마) 학생이 ‘지구과학 실험’ 교육과정에 제시된 탐구 및 실험·실습 활동을 안전하게 진행할 수 있는 환경을 조성한다.

- 실험 기구의 사용 방법, 화학 약품을 다룰 때 주의할 점과 안전 사항을 사전에 지도하여 사고

가 발생하지 않도록 유의한다.

- 야외 탐구 활동 및 현장 학습 시에는 사전 답사를 실시하거나 관련 자료를 조사하여 안전한 활동을 실행한다.
- 실험 기구나 재료는 수업 이전에 충분히 준비하되, 실험 후 발생하는 폐기물은 적절한 절차에 따라 처리하여 환경을 오염시키지 않도록 유의한다.
- 상황에 따라 실험 시연 또는 시범으로 대체할 수 있다.

(바) 범교과 학습, 생태전환교육, 디지털·인공지능 기초 소양 함양과 관련한 교육내용 중 해당 주제와 연계하여 지도할 수 있는 내용을 선정하여 함께 학습할 수 있도록 지도한다.

(사) 학습 부진 학생, 특정 분야에서 탁월한 재능을 보이는 학생, 특수교육 대상 학생 등 모두를 위한 교육을 위해 학습자가 지닌 교육적 요구에 적합한 교수·학습 계획을 수립하여 지도한다.

- 학생의 능력과 흥미 등 개인차를 고려하여 학습 내용과 실험·실습 활동 등을 수정하거나 대체 활동을 마련하여 제공할 수 있다.
- 특수교육 대상 학생의 학습 참여도를 높이기 위해 학습자의 장애 및 발달 특성을 고려하여 교과 내용이나 실험·실습 활동을 더 자세히 안내하거나 학생이 이해할 수 있도록 적합한 대안을 제시할 수 있다.

(아) 교육과정에서 제시된 성취기준에 학생이 도달할 수 있도록 하고, 최소 성취수준 보장을 위한 교수·학습 계획을 수립한다.

- 교수·학습 과정에서 학생의 성취 정도를 수시로 파악함으로써 교육과정 성취기준 도달 정도를 점검한다.
- 교육과정 성취기준에 도달하지 못하는 학생을 위해서 별도의 학습 자료를 제공하는 등 최소 성취수준에 도달할 수 있도록 지도한다.

## 나. 평가

### (1) 평가의 방향

(가) ‘지구과학 실험’ 과목의 평가는 교육과정 성취기준에 근거하여 실시하되, 평가 결과에 대한 환류를 통해 학생의 학습과 성장을 도울 수 있도록 계획하여 실시한다.

(나) ‘지구과학 실험’ 교육과정상의 내용 체계와의 관련성을 고려하여 지식·이해, 과정·기능,

가치·태도를 균형 있게 평가하되, 지식·이해 중심의 평가를 지양한다.

- (다) 학습 부진 학생, 특정 분야에서 탁월한 재능을 보이는 학생, 특수교육 대상 학생 등의 경우 적절한 평가 방법을 제공하여 교육적 요구에 맞는 평가가 이루어질 수 있도록 한다.
- (라) ‘지구과학 실험’ 학습 내용을 평가할 때, 온라인 학습 지원 도구 등 디지털 교육 환경을 활용한 평가 방안이나 평가 도구를 적극적으로 활용한다.

## (2) 평가 방법

- (가) ‘지구과학 실험’ 과목의 평가는 평가 계획 수립, 평가 문항과 도구 개발, 평가의 시행, 평가 결과의 처리, 평가 결과의 활용 등의 절차를 거쳐 실시한다.
- (나) 교수·학습 계획을 수립할 때, ‘지구과학 실험’ 교육과정 성취기준을 고려하여 평가의 시기나 방법을 포함한 평가 계획을 함께 수립한다.
  - 교수·학습과 평가를 유기적으로 연결하여, 학습 결과에 대한 평가뿐만 아니라 평가 과정이 학생 자신의 학습 과정이나 결과를 성찰할 기회가 되도록 한다.
  - 평가의 시기와 목적에 맞게 진단 평가, 형성 평가, 총괄 평가 등을 계획하여 실시한다.
  - 평가는 교수·학습의 목표와 성취기준에 근거하여 실시하고, 그 결과를 후속 학습 지도 계획 수립과 지도 방법 개선, 진로 지도 등에 활용한다.
  - 평가 결과를 바탕으로 학생 개별 맞춤형 환류를 제공하여 학생 스스로 평가 결과를 해석하고 학습 계획을 세울 수 있도록 한다.
- (다) 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 고르게 평가함으로써 ‘지구과학 실험’의 교수·학습 목표 도달 여부를 종합적으로 파악할 수 있도록 한다. 또한, 학습의 결과뿐만 아니라 학습의 과정도 함께 평가한다.
  - ‘지구과학 실험’의 핵심 개념을 이해하고 적용하는 능력을 평가한다.
  - ‘지구과학 실험’의 과학적 탐구에 필요한 문제 인식 및 가설 설정, 탐구 설계 및 수행, 자료 수집·분석 및 해석, 결론 도출 및 일반화, 의사소통과 협업 등과 관련된 과정·기능을 평가한다.
  - ‘지구과학 실험’에 대한 흥미와 가치 인식, 학습 참여의 적극성, 협동성, 과학적으로 문제를 해결하는 태도, 창의성 등을 평가한다.
- (라) ‘지구과학 실험’을 평가할 때는 학생의 학습 과정과 결과를 평가하기 위해 지필평가(선택형, 서술형, 논술형 등), 관찰, 실험·실습, 보고서, 면담, 구술, 포트폴리오, 자기 평가, 동료 평가 등의 다양한 방법을 활용한다.

- 성취기준에 근거하여 평가 요소에 적합한 평가 상황을 설정하고, 타당한 평가 방법을 선정한다.
- 타당도와 신뢰도가 높은 평가를 위하여 가능하면 공동으로 평가 도구를 개발하여 활용한다.
- 평가 도구를 개발할 때는 창의 융합적 문제해결력 및 인성과 감성 함양에 도움이 되는 소재나 상황들을 적극적으로 발굴하여 활용한다.
- 평가 요소에 따라 개별 평가와 모둠 평가를 실시하고, 자기 평가와 동료 평가도 활용할 수 있다.
- 디지털 교수·학습 환경을 고려하여 온라인 학습 지원 도구 등을 활용한 온라인 평가를 병행하여 활용할 수 있다.

(마) 학생들의 ‘지구과학 실험’ 교육과정 성취기준에 대한 도달 정도를 파악하기 위해 형성 평가를 실시하고, 그 결과를 바탕으로 최소 성취수준 보장을 위한 맞춤형 교수·학습 활동을 실시한다.

- 다양한 평가 도구를 활용하여 ‘지구과학 실험’ 교육과정에 근거한 최소 성취수준에 도달할 수 없는 학생을 사전에 파악함으로써 최소 성취수준 보장을 위한 조치를 취한다.
- 평가 결과를 학생의 ‘지구과학 실험’ 학습 성취수준에 대한 진단과 더불어 학생 맞춤형 보정 계획과 연계하도록 한다.

