교육부 고시 제2015-74호 [별책 20]

과학 계열 전문 교과 교육과정

교육부
Ministry of Education

Contents

[선택 중심 교육과정] – 전문 교과 I

- 심화 수학 I ····· 04
- 심화 수학 II ····· 16
- 고급 수학 I ····· 27
- 고급 수학 II ····· 37
- 고급 물리학 ····· 47
- 고급 화학 ····· 58
- 고급 생명과학 ····· 72
- 고급 지구과학 ····· 80
- 물리학 실험 ····· 92
- 화학 실험 ····· 101
- 생명과학 실험 ····· 112
- 지구과학 실험 ····· 120
- 융합과학 탐구 ····· 129
- 과학과제 연구 ····· 135
- 생태와 환경 ····· 139
- 정보과학 ····· 147

선택 중심 교육과정

– 전문 교과 I –

과학 계열 전문 교과

1. 성격

과학 계열 고등학교의 전문 교과는 과학 계열 고등학교 학생이 '과학과'의 기초 학습을 바탕으로 보다 심화된 내용을 학습함으로써, 과학의 다양한 분야에 대하여 올바르게 인식하고 진로 선택을 바르게 하도록 함과 동시에, 대학에서 관련 학문을 연구하는 데 필요한 기본적인 능력을 기르기 위한 교과이다.

과학 계열 고등학교의 전문 교과는 '심화 수학Ⅰ', '심화 수학Ⅱ', '고급 수학Ⅰ', '고급 수학Ⅱ', '고급 물리학', '고급 화학', '고급 생명과학', '고급 지구과학', '물리학 실험', '화학 실험', '생명과학 실험', '지구과학 실험', '정보과학', '융합과학 탐구', '과학과제 연구', '생태와 환경' 등으로 구성한다.

과학 계열 고등학교 전문 교과의 각 과목은 학생의 진로 및 학교의 시설 여건에 따라서 선택하여 학습할 수 있으며, 선택한 과목에서도 모든 내용을 학습하는 것이 아니라, 학생 및 학교의 실정에 따라 학습 내용을 선정하여 학습할 수 있다. 또한, 강의식 수업보다는 과제 학습 등을 통하여 학생 스스로 연구하여 그 결과를 발표하고 토의하는 수업을 권장한다.

2. 목표

과학의 기초적인 학습 내용을 바탕으로 과학의 여러 분야에서 심화된 내용을 학습함으로써, 과학에 대하여 올바르게 인식하고 과학의 학문적 체계를 이해함과 아울러, 과학 연구에 필요한 탐구 능력을 기른다. 또, 실생활에 직면한 문제를 과학적으로 해결할 수 있는 능력을 습득하여 장차 우수한 과학자가 될 수 있는 소양을 함양한다.

가. 과학의 기본 개념을 체계적으로 이해하고, 과학의 초보적인 연구에 이를 적용한다.
나. 과학적 탐구 능력을 습득하여 과학 탐구에 활용한다.
다. 과학의 학문적 성격과 체계에 대하여 올바르게 인식한다.
라. 적성에 맞는 진로를 선택하여 계속 탐구하려는 태도를 기른다.

심화 수학Ⅰ`

1. 성격

수학과는 수학의 개념, 원리, 법칙을 이해하고 기능을 습득하여 주변의 여러 가지 현상을 수학적으로 관찰하고 해석하며 논리적으로 사고하고 합리적으로 문제를 해결하는 능력과 태도를 기르는 교과이다. 수학은 오랜 역사를 통해 인류 문명 발전의 원동력이 되어 왔으며, 세계화·정보화가 가속화되는 미래 사회의 구성원에게 필수적인 역량을 제공한다. 수학 학습을 통해 학생들은 수학의 규칙성과 구조의 아름다움을 음미할 수 있고, 수학의 지식과 기능을 활용하여 수학 문제뿐만 아니라 실생활과 다른 교과의 문제를 창의적으로 해결할 수 있으며, 나아가 세계 공동체의 시민으로서 갖추어야 할 합리적 의사 결정 능력과 민주적 소통 능력을 함양할 수 있다.

〈심화 수학Ⅰ〉은 공통 과목인 〈수학〉을 학습한 후에 선택할 수 있는 전문 교과 과목으로, 수학 일반 선택 과목의 주요 내용을 압축하여 심화 학습하기를 원하는 과학고등학교, 과학중점고등학교, 일반고등학교 학생들이 선택할 수 있는 과목이다. 〈심화 수학Ⅰ〉의 내용은 〈수학Ⅰ〉, 〈수학Ⅱ〉, 〈미적분〉의 주요 내용을 압축하고 심화한 것으로, '방정식과 부등식', '지수함수와 로그함수', '삼각함수', '수열과 극한', '미분'의 5개 핵심 개념 영역으로 구성된다. '방정식과 부등식' 영역에서는 방정식, 부등식을, '지수함수와 로그함수' 영역에서는 지수함수, 로그함수를, '삼각함수' 영역에서는 삼각함수, 삼각함수의 활용을, '수열과 극한' 영역에서는 수열, 수열의 극한을, '미분' 영역에서는 함수의 극한과 연속, 미분계수와 도함수, 여러 가지 미분법, 도함수의 활용을 다룬다.

〈심화 수학Ⅰ〉에서 학습한 수학의 지식과 기능은 수학 전문 교과 과목과 대학 수학 학습의 토대가 되고, 자연과학, 공학, 의학 및 이들의 응용 분야를 전공하는 데 학문적 기초가 되며, 나아가 창의적 역량을 갖춘 융합 인재로 성장할 수 있는 기반을 제공한다. 이를 위해 학생들은 〈심화 수학Ⅰ〉의 지식을 이해하고 기능을 습득하는 것과 더불어 문제 해결, 추론, 창의·융합, 의사소통, 정보 처리, 태도 및 실천의 6가지 수학 교과 역량을 길러야 한다.

교과 역량으로서의 문제 해결은 해결 방법을 알고 있지 않은 문제 상황에서 수학의 지식과 기능을 활용하여 해결 전략을 탐색하고 최적의 해결 방안을 선택하여 주어진 문제를 해결하는 능력이고, 추론

은 수학적 사실을 추측하고 논리적으로 분석하고 정당화하며 그 과정을 반성하는 능력이며, 능력이다. 창의·융합은 수학의 지식과 기능을 토대로 새롭고 의미 있는 아이디어를 다양하고 풍부하게 산출하고 정교화하며, 여러 수학적 지식, 기능, 경험을 연결하거나 수학과 타 교과나 실생활의 지식, 기능, 경험을 수학과 연결·융합하여 새로운 지식, 기능, 경험을 생성하고 문제를 해결하는 능력이다. 의사소통은 수학 지식이나 아이디어, 수학적 활동의 결과, 문제 해결 과정, 신념과 태도 등을 말이나 글, 그림, 기호로 표현하고 다른 사람의 아이디어를 이해하는 능력이고, 정보 처리는 다양한 자료와 정보를 수집, 정리, 분석, 활용하고 적절한 공학적 도구나 교구를 선택, 이용하여 자료와 정보를 효과적으로 처리하는 능력이다. 끝으로, 태도 및 실천은 수학의 가치를 인식하고 자주적 수학 학습 태도와 민주 시민 의식을 갖추어 실천하는 능력이다.

수학 교과 역량 함양을 통해 학생들은 복잡하고 전문화되어 가는 미래 사회에서 사회 구성원의 역할을 성공적으로 수행할 수 있고, 개인의 잠재력과 재능을 발현할 수 있으며, 수학의 필요성과 유용성을 이해하고, 수학 학습의 즐거움을 느끼며, 수학에 대한 흥미와 자신감을 기를 수 있다.

2. 목표

수학의 개념, 원리, 법칙을 이해하고 기능을 습득하며 수학적으로 추론하고 의사소통하는 능력을 길러, 생활 주변과 사회 및 자연 현상을 수학적으로 이해하고 문제를 합리적이고 창의적으로 해결하며, 수학 학습자로서 바람직한 태도와 실천 능력을 기른다.

가. 사회 및 자연 현상을 수학적으로 관찰, 분석, 조직, 표현하는 경험을 통하여 방정식과 부등식, 지수함수와 로그함수, 삼각함수, 수열과 극한, 미분에 관련된 개념, 원리, 법칙과 이들 사이의 관계를 이해하고 수학의 기능을 습득한다.

나. 수학적으로 추론하고 의사소통하며, 창의·융합적 사고와 정보 처리 능력을 바탕으로 사회 및 자연 현상을 수학적으로 이해하고 문제를 합리적이고 창의적으로 해결한다.

다. 수학에 대한 흥미와 자신감을 갖고 수학의 역할과 가치를 이해하며 수학 학습자로서 바람직한 태도와 실천 능력을 기른다.

3. 내용 체계 및 성취기준

가. 내용 체계

영역	핵심 개념	일반화된 지식	내용 요소
대수	방정식과 부등식	유리식과 무리식의 성질을 이용하여 다양한 형태의 방정식과 부등식이 참이 되게 하는 해를 구할 수 있다.	• 방정식 • 부등식
해석	지수함수와 로그함수	지수함수와 로그함수는 급격히 증감하는 수량이나 현상을 다루는 유용한 도구로써 자연 현상이나 사회 현상을 표현하고 설명하는 데 활용된다.	• 지수함수 • 로그함수
	삼각함수	삼각함수는 삼각비를 일반화시킨 개념으로써 주기적인 성질을 가지는 자연 현상이나 사회 현상을 표현하고 설명하는 데 활용된다.	• 삼각함수 • 삼각함수의 활용
	수열과 극한	수열은 규칙적으로 나열된 수량으로 나타낼 수 있는 현상을 탐구하는 데 활용되고, 수열의 극한은 한없이 가까워지거나 한없이 작아지고 커지는 현상과 같이 무한을 수학적으로 다루는 도구로써 미분과 적분의 기초 개념이 된다.	• 수열 • 수열의 극한
	미분	함수의 극한과 연속은 함수의 성질을 이해하는 데 활용되고, 미분은 함수의 순간적인 변화를 설명하는 도구로써 자연 현상이나 사회 현상을 설명하는 데 활용된다.	• 함수의 극한과 연속 • 미분계수와 도함수 • 여러 가지 미분법 • 도함수의 활용

나. 성취기준

(1) 방정식과 부등식

방정식과 부등식은 자연 현상이나 사회 현상을 표현하는 가장 유용한 도구이다. 유리식과 무리식의 성질을 이용하여 분수방정식과 무리방정식, 분수부등식과 무리부등식, 고차부등식 등 다양한 형태의 방정식과 부등식이 참이 되게 하는 해를 구할 수 있다.

1 방정식
[12심수 I 01-01] 분수방정식과 무리방정식을 풀 수 있다.
[12심수 I 01-02] 분수방정식과 무리방정식을 활용하여 여러 가지 문제를 해결할 수 있다.

2 부등식
[12심수 I 01-03] 간단한 삼차부등식과 사차부등식을 풀 수 있다.
[12심수 I 01-04] 분수부등식과 무리부등식을 풀 수 있다.
[12심수 I 01-05] 분수부등식과 무리부등식을 활용하여 여러 가지 문제를 해결할 수 있다.

(가) 학습 요소

- 유리방정식, 분수방정식, 무연근, 무리방정식, 삼차부등식, 사차부등식, 유리부등식, 분수부등식, 무리부등식

(2) 지수함수와 로그함수

지수함수는 빠르게 증가하거나 감소하는 수량이나 현상을 다루는 데 유용한 함수이고, 로그함수는 지수함수의 역함수이다. 지수함수와 로그함수는 자연 현상이나 사회 현상을 설명하고 분석하기 위한 수학적 모델이다.

1 지수함수
[12심수 I 02-01] 거듭제곱과 거듭제곱근의 성질을 이해한다.
[12심수 I 02-02] 지수가 유리수, 실수까지 확장될 수 있음을 이해한다.
[12심수 I 02-03] 지수법칙을 이해하고, 이를 이용하여 식을 간단히 나타낼 수 있다.
[12심수 I 02-04] 지수함수의 그래프를 그리고, 그 성질을 이해한다.
[12심수 I 02-05] 지수함수를 활용하여 실생활 문제를 해결할 수 있다.

2 로그함수
[12심수 I 02-06] 지수를 이용하여 로그의 뜻을 알고, 그 성질을 이해한다.
[12심수 I 02-07] 로그의 성질을 이용하여 식을 간단히 나타낼 수 있다.
[12심수 I 02-08] 상용로그를 이해하고, 이를 활용할 수 있다.
[12심수 I 02-09] 로그함수의 그래프를 그리고, 그 성질을 이해한다.
[12심수 I 02-10] 로그함수를 활용하여 실생활 문제를 해결할 수 있다.

(가) 학습 요소

- 거듭제곱근, 로그, (로그의) 밑, 진수, 상용로그, 지수함수, 로그함수, $\sqrt[n]{a}$, $\log_a N$, $\log N$

(3) 삼각함수

삼각함수는 삼각비를 일반화시킨 개념으로, 자연 현상이나 사회 현상 가운데 나타나는 주기적인 현상을 수학적으로 표현하여 설명하고 분석할 수 있는 유용한 주기함수이다. 사인법칙과 코사인법칙을 포함한 삼각함수의 성질은 삼각형으로 나타낼 수 있는 대상의 길이, 넓이, 각도 등의 측정과 관련된 다양한 문제의 해결에 활용된다.

1 삼각함수
[12심수Ⅰ03-01] 호도법과 삼각함수의 뜻을 안다.
[12심수Ⅰ03-02] 삼각함수의 그래프를 그리고, 그 성질을 이해한다.
[12심수Ⅰ03-03] 삼각함수의 덧셈정리를 이해한다.

2 삼각함수의 활용
[12심수Ⅰ03-04] 삼각함수의 성질을 이용하여 삼각방정식과 삼각부등식의 해를 구할 수 있다.
[12심수Ⅰ03-05] 삼각함수를 이용하여 삼각형의 넓이를 구할 수 있다.
[12심수Ⅰ03-06] 사인법칙과 코사인법칙을 이해하고, 이를 활용할 수 있다.

(가) 학습 요소

- 시초선, 동경, 일반각, 호도법, 라디안, 사인함수, 코사인함수, 탄젠트함수, 시컨트함수, 코시컨트함수, 코탄젠트함수, 삼각함수, 주기, 주기함수, 덧셈정리, 사인법칙, 코사인법칙, $\sin x$, $\cos x$, $\tan x$, $\sec x$, $\csc x$, $\cot x$

(4) 수열과 극한

수열은 규칙적으로 나열된 수로 나타낼 수 있는 현상을 탐구하는 데 유용한 함수이다. 수열을 통해 자연 현상이나 사회 현상에 내재되어 있는 다양한 규칙성을 찾아 일반화된 식으로 표현하고 수학적으로 정당화함으로써 수학의 유용성과 가치를 경험하고 귀납적 추론 능력과 연역적 추론 능력을 기를 수 있다. 수열의 극한은 현대 수학의 핵심적인 개념으로 한없이 가까워지거나 작아지거나 커지는 현상을 수학적으로 다루는 도구이다. 이처럼 무한을 수학적으로 다루는 수열의 극한은 이후 학습할 정적분 개념과 관련된다.

1 수열
[12심수 I 04-01] 수열의 뜻을 안다.
[12심수 I 04-02] 등차수열의 뜻을 알고, 일반항과 첫째항부터 제n항까지의 합을 구할 수 있다.
[12심수 I 04-03] 등비수열의 뜻을 알고, 일반항과 첫째항부터 제n항까지의 합을 구할 수 있다.
[12심수 I 04-04] Σ의 뜻과 성질을 이해하고, 이를 활용할 수 있다.
[12심수 I 04-05] 여러 가지 수열의 첫째항부터 제n항까지의 합을 구할 수 있다.
[12심수 I 04-06] 수열의 귀납적 정의를 이해한다.
[12심수 I 04-07] 수학적 귀납법의 원리를 이해하고, 이를 이용하여 명제를 증명할 수 있다.

2 수열의 극한
[12심수 I 04-08] 수열의 수렴과 발산의 뜻을 알고, 이를 판정할 수 있다.
[12심수 I 04-09] 수열의 극한에 대한 기본 성질을 이해하고, 이를 이용하여 극한값을 구할 수 있다.
[12심수 I 04-10] 급수의 수렴과 발산의 뜻을 알고, 이를 판정할 수 있다.
[12심수 I 04-11] 등비급수의 뜻을 알고, 그 합을 구할 수 있다.
[12심수 I 04-12] 등비급수를 활용하여 여러 가지 문제를 해결할 수 있다.

(가) 학습 요소

- 수열, 항, 일반항, 공차, 등차수열, 등차중항, 공비, 등비수열, 등비중항, 귀납적 정의, 수학적 귀납법, 극한(값), 수렴, 발산, 무한대, 급수, 부분합, 급수의 합, 등비급수, a_n, $\{a_n\}$, $\sum_{k=1}^{n} a_k$, ∞, $\lim_{n\to\infty} a_n$, $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$

(5) 미분

함수의 극한은 현대 수학의 핵심적인 개념으로 한없이 가까워지는 현상을 수학적으로 표현하는 도구이다. 함수의 극한과 연속을 통해 함수와 그 그래프의 성질을 심도 있게 분석할 수 있고, 이는 미분과 적분의 원리를 이해하는 기초가 된다. 미분은 함수의 순간적인 변화를 설명하는 도구로, 자연과학이나 공학뿐 아니라 경제학, 사회학 등 다양한 분야에서 활용된다. 순간변화율이나 접선의 기울기를 나타내는 미분계수와 도함수는 최댓값, 최솟값을 구하거나 증가, 감소 등의 변화 현상을 해석하고 설명하는 데 이용된다. 미분의 학습을 통해 수학의 유용성과 가치를 경험할 수 있고 창의·융합적 사고를 기를 수 있다.

1 함수의 극한과 연속

[12심수Ⅰ05-01] 함수의 극한에 대한 성질을 이해하고, 함수의 극한값을 구할 수 있다.

[12심수Ⅰ05-02] 지수함수와 로그함수의 극한값을 구할 수 있다.

[12심수Ⅰ05-03] 삼각함수의 극한값을 구할 수 있다.

[12심수Ⅰ05-04] 함수의 연속의 뜻을 안다.

[12심수Ⅰ05-05] 연속함수의 성질을 이해하고, 이를 활용할 수 있다.

2 미분계수와 도함수

[12심수Ⅰ05-06] 미분계수의 뜻을 알고, 그 값을 구할 수 있다.

[12심수Ⅰ05-07] 미분계수의 기하적 의미를 이해한다.

[12심수Ⅰ05-08] 도함수의 뜻을 알고, 함수 $y=x^n$(n은 양의 정수)의 도함수를 구할 수 있다.

3 여러 가지 미분법

[12심수Ⅰ05-09] 함수의 실수배, 합, 차, 곱, 몫을 미분할 수 있다.

[12심수Ⅰ05-10] 합성함수와 역함수를 미분할 수 있다.

[12심수Ⅰ05-11] 매개변수와 음함수로 나타낸 함수를 미분할 수 있다.

[12심수Ⅰ05-12] 삼각함수와 역삼각함수를 미분할 수 있다.

[12심수Ⅰ05-13] 지수함수와 로그함수를 미분할 수 있다.

[12심수Ⅰ05-14] 고계도함수를 구할 수 있다.

4 도함수의 활용

[12심수Ⅰ05-15] 접선의 방정식을 구할 수 있다.

[12심수Ⅰ05-16] 롤의 정리와 평균값 정리를 이해하고 활용할 수 있다.

[12심수Ⅰ05-17] 함수의 증가와 감소, 극대와 극소를 판정할 수 있다.

[12심수Ⅰ05-18] 함수의 그래프의 개형을 그릴 수 있다.

[12심수Ⅰ05-19] 도함수의 다양한 활용을 통해 방정식과 부등식, 속도와 가속도 등의 실생활 문제를 해결할 수 있다.

(가) 학습 요소

- 구간, 닫힌 구간, 열린 구간, 반닫힌 구간, 좌극한, 우극한, 연속, 불연속, 연속함수, 최대·최소 정리, 사잇값 정리, 자연로그, 증분, 평균변화율, 순간변화율, 미분계수, 미분가능, 도함수, 매개변수, 음함수, 역삼각함수, 이계도함수, 고계도함수, 롤의 정리, 평균값 정리, 극대, 극소, 극값, 극댓값, 극솟값, 변곡점, $[a, b]$, (a, b), $[a, b)$, $(a, b]$, $\lim_{x\to a-} f(x)$, $\lim_{x\to a+} f(x)$, $\lim_{x\to a} f(x)$, e, e^x, $\ln x$, Δx, Δy, y', $f'(x)$, $\frac{dy}{dx}$, $\frac{d}{dx}f(x)$, $\sin^{-1}x$, $\arcsin x$, $\cos^{-1}x$, $\arccos x$, $\tan^{-1}x$, $\arctan x$,

y'', $f''(x)$, $\frac{d^2y}{dx^2}$, $\frac{d^2}{dx^2}f(x)$, $y^{(n)}$, $f^{(n)}(x)$, $\frac{d^ny}{dx^n}$, $\frac{d^n}{dx^n}f(x)$

4. 교수·학습 및 평가의 방향

가. 교수·학습 방향

(1) 교수·학습 원칙

(가) 수학과의 교수·학습은 학생이 수학과 교육과정에 제시된 목표를 달성하고 전인적으로 성장하도록 돕는 것을 목적으로 한다.

(나) 수학과의 교수·학습은 교육과정에 제시된 내용의 수준과 범위를 준수하고, 교육과정에 제시된 목표, 내용, 평가와 일관성을 가져야 한다.

(다) 문제 해결, 추론, 창의·융합, 의사소통, 정보 처리, 태도 및 실천과 같은 수학 교과 역량을 함양하기 위한 교육 환경을 조성하고, 이에 적합한 교수·학습을 운영한다.

(라) 과목별 내용의 배열 순서가 반드시 교수·학습의 순서를 의미하는 것은 아니므로, 교수·학습 계획을 수립하거나 학습 자료를 개발할 때에는 내용의 특성과 난이도, 학교 여건, 학생의 수준 등을 고려하여 내용, 순서 등을 재구성할 수 있다.

(마) 교육과정에 제시된 내용을 지도한 후 학습 결손이 있는 학생에게는 보충 학습, 우수 학생에게는 심화 학습의 기회를 추가로 제공할 수 있다.

(2) 교수·학습 방법

(가) 수학과의 수업은 학생의 능력과 수준 등을 고려하여 설명식 교수, 탐구 학습, 프로젝트 학습, 토의·토론 학습, 협력 학습, 매체 및 도구 활용 학습 등을 적절히 선택하여 적용한다.

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

② 탐구 학습은 학생이 중심이 되어 수학 개념, 원리, 법칙을 발견하고 구성하는 교수·학습 방

법으로, 학생 스스로 자료와 정보로부터 지식을 도출하거나 지식의 타당성을 확인하는 능력을 기를 수 있게 한다.

③ 프로젝트 학습은 특정 주제나 과제를 탐구하기 위해 계획을 수립하고 수행하여 결과물을 산출하거나 발표하는 교수·학습 방법으로, 개인별 또는 집단별로 실시할 수 있다.

④ 토의·토론 학습은 특정 주제에 대해 협의하거나 논의하는 교수·학습 방법으로, 의사소통이 지니는 상호 협력적인 면을 강조한다. 이를 통해 학생들이 교과 내용을 폭넓게 이해하고 논리적이고 비판적으로 추론하며 다른 사람의 의견을 비판적으로 수용하고 자신의 주장을 효과적으로 표현하는 능력을 기를 수 있게 한다.

⑤ 협력 학습은 모둠 내의 상호작용, 의사소통, 참여를 통해 공동의 학습 목표에 도달하도록 하는 교수·학습 방법으로, 다른 사람을 존중하고 배려하며 모둠 내의 역할을 이해하고 책임감을 기를 수 있게 한다.

⑥ 매체 및 도구 활용 학습은 학생의 수준과 학습 내용에 적합한 매체와 도구를 활용하여 흥미를 유발하고 학습의 효율성과 다양성을 도모하는 교수·학습 방법으로, 시청각 자료, 멀티미디어나 인터넷 등의 컴퓨터 활용 매체와 교구, 계산기, 교육용 소프트웨어 등의 도구를 이용한다.

(나) 문제 해결 능력을 함양하기 위한 교수·학습에서는 다음 사항을 강조한다.

① 문제를 해결할 때에는 문제를 이해하고 해결 전략을 탐색하며 해결 과정을 실행하고 검증 및 반성하는 단계를 거치도록 한다.

② 협력적 문제 해결 과제에서는 균형 있는 책임 분담과 상호작용을 통해 동료들과 협력하여 문제를 해결하게 한다.

③ 수학적 모델링 능력을 신장하기 위해 생활 주변이나 사회 및 자연 현상 등 다양한 맥락에서 파악된 문제를 해결하면서 수학적 개념, 원리, 법칙을 탐구하고 이를 일반화하게 한다.

④ 문제 해결력을 높이기 위해 주어진 문제를 변형하거나 새로운 문제를 만들어 해결하고 그 과정을 검증하는 문제 만들기 활동을 장려한다.

(다) 추론 능력을 함양하기 위한 교수·학습에서는 다음 사항을 강조한다.

① 관찰과 탐구 상황에서 귀납, 유추 등의 개연적 추론을 사용하여 학생 스스로 수학적 사실을 추측하고 적절한 근거에 기초하여 이를 정당화할 수 있게 한다.

② 수학의 개념, 원리, 법칙을 도출하는 과정과 수학적 절차를 논리적으로 수행하게 한다.

③ 추론 과정이 옳은지 비판적으로 평가하고 반성하도록 한다.

(라) 창의·융합 능력을 함양하기 위한 교수·학습에서는 다음 사항을 강조한다.

① 새롭고 의미 있는 아이디어를 다양하고 풍부하게 산출할 수 있는 수학적 과제를 제공하여 학생의 창의적 사고를 촉진시킨다.
② 하나의 문제를 여러 가지 방법으로 해결하게 하고, 해결 방법을 비교하여 더 효율적인 방법을 찾거나 정교화하게 한다.
③ 여러 수학적 지식, 기능, 경험을 연결하거나 수학과 타 교과나 실생활의 지식, 기능, 경험을 연결·융합하여 새로운 지식, 기능, 경험을 생성하고 문제를 해결하게 한다.

(마) 의사소통 능력을 함양하기 위한 교수·학습에서는 다음 사항을 강조한다.
① 수학 용어, 기호, 표, 그래프 등의 수학적 표현을 이해하고 정확하게 사용하며, 수학적 표현을 만들거나 변환하는 활동을 하게 한다.
② 수학적 아이디어 또는 수학 학습 과정과 결과를 말, 글, 그림, 기호, 표, 그래프 등을 사용하여 다른 사람과 효율적으로 의사소통할 수 있게 한다.
③ 다양한 관점을 존중하면서 다른 사람의 생각을 이해하고 수학적 아이디어를 표현하며 토론하게 한다.

(바) 정보 처리 능력을 함양하기 위한 교수·학습에서는 다음 사항을 강조한다.
① 실생활 및 수학적 문제 상황에서 적절한 자료를 탐색하여 수집하고, 목적에 맞게 정리, 분석, 평가하며, 분석한 정보를 문제 상황에 적합하게 활용할 수 있게 한다.
② 교수·학습 과정에서 적절한 교구를 활용한 조작 및 탐구 활동을 통해 수학의 개념과 원리를 이해하도록 한다.
③ 계산 능력 배양을 목표로 하지 않는 교수·학습 상황에서의 복잡한 계산 수행, 수학의 개념, 원리, 법칙의 이해, 문제 해결력 향상 등을 위하여 계산기, 컴퓨터, 교육용 소프트웨어 등의 공학적 도구를 이용할 수 있게 한다.

(사) 태도 및 실천 능력을 함양하기 위한 교수·학습에서는 다음 사항을 강조한다.
① 수학을 생활 주변과 사회 및 자연 현상과 관련지어 지도하여 수학의 필요성과 유용성을 알게 하고, 수학의 역할과 가치를 인식할 수 있게 한다.
② 수학에 대한 관심과 흥미, 호기심과 자신감을 갖고 수학 학습에 적극적으로 참여하게 하며, 끈기 있게 도전하도록 격려하고 학습 동기와 의욕을 유발한다.
③ 학생 스스로 목표를 설정하고 학습을 수행하며 학습 결과를 평가하는 자주적 학습 습관과 태도를 갖게 한다.
④ 수학적 활동을 통하여 정직하고 공정하며 책임감 있게 행동하고 어려움을 극복하기 위해 도전하는 용기 있는 태도, 타인을 배려하고 존중하며 협력하는 태도, 논리적 근거를 토대로

의견을 제시하고 합리적으로 의사 결정하는 태도를 갖고 이를 실천하게 한다.

(아) 의미 있는 발문을 하기 위하여 교수·학습에서 다음 사항에 유의한다.

① 학생의 사고를 촉진하는 다양한 발문을 통해 상호작용이 활발한 교실 환경을 구축하고 학생의 능동적 수업 참여를 독려한다.

② 학생의 인지 발달과 경험을 고려하여 발문을 하고, 발문에 대한 학생의 반응을 의미 있게 처리한다.

(자) 개인차를 고려하여 수준별 수업을 운영할 때에는 다음 사항에 유의한다.

① 학습 목표를 효과적으로 달성하기 위해 교실 내에서 개인차를 고려한 소집단을 구성하거나 수준별 학급을 구성하여 교수·학습을 전개한다.

② 수준별 수업을 위해 집단을 편성할 때에는 학생 개인의 능력과 수준, 적성과 희망, 교사 수급과 유휴 교실 등의 학교 상황을 고려한다.

③ 수준별 수업은 내용 요소를 차별화하기보다는 내용의 깊이나 접근 방법에 차이를 두어 진행한다.

나. 평가 방향

(1) 평가 원칙

(가) 수학과의 평가는 학생의 인지적 영역과 정의적 영역에 대한 유용한 정보를 수집·활용하여 학생의 수학 학습과 전인적 성장을 돕고 교사의 수업 방법을 개선하는 것을 목적으로 한다.

(나) 수학과의 평가는 교육과정에 제시된 내용의 수준과 범위를 준수하고, 교육과정에 제시된 목표, 내용, 교수·학습과 일관성을 가져야 한다.

(다) 수학과의 평가에서는 수학의 개념, 원리, 법칙, 기능뿐만 아니라 문제 해결, 추론, 창의·융합, 의사소통, 정보 처리, 태도 및 실천과 같은 수학 교과 역량을 균형 있게 평가한다.

(라) 수학과의 평가는 학습자의 수준을 고려하고 평가 목적과 내용에 따라 다양한 평가 방법을 활용한다.

(마) 평가 결과는 학생, 학부모, 교사 등에게 환류하여 학생의 수학 학습 개선을 도울 수 있게 한다.

(2) 평가 방법

(가) 수학과의 평가는 학습 결과 평가뿐만 아니라 과정 중심 평가도 실시하여 종합적인 수학 학습 평가가 될 수 있게 한다.

(나) 수업의 전개 국면에 따라 진단평가, 형성평가, 총괄평가를 적절히 실시하되, 지속적인 평가를 통해 다양한 정보를 수집하고 수업에 활용한다.

(다) 학생의 수학 학습 과정과 결과는 지필 평가, 프로젝트 평가, 포트폴리오 평가, 관찰 평가, 면담 평가, 구술 평가, 자기 평가, 동료 평가 등의 다양한 평가 방법을 사용하여 양적 또는 질적으로 평가한다.

① 지필 평가는 수학의 개념, 원리, 법칙을 이해하고 적용하는 능력과 문제 해결, 추론, 창의·융합, 의사소통 능력 등을 평가하는 데 활용할 수 있고, 선택형, 단답형, 서·논술형 등의 다양한 문항 형태를 활용한다.

② 프로젝트 평가는 수학 학습을 토대로 특정한 주제나 과제에 대해서 자료를 수집하고 분석, 종합, 해결하는 과정과 결과를 평가하는 방법으로, 문제 해결, 창의·융합, 정보 처리 능력 등을 평가할 때 활용할 수 있다.

③ 포트폴리오 평가는 일정 기간 동안 수학 학습 수행과 그 결과물을 평가하는 방법으로, 학생의 학습 내용 이해와 수학 교과 역량을 종합적으로 판단하고 학생의 성장에 대한 정보를 얻는 데 활용할 수 있다.

④ 관찰 평가, 면담 평가, 구술 평가는 학생 개인 및 소집단을 관찰, 학생과의 대화, 학생의 발표를 통해 학생의 이해 정도와 사고 방법, 수행 과정 등을 평가하는 방법으로, 의사소통, 태도 및 실천 능력 등을 평가할 때 활용할 수 있다.

⑤ 자기 평가는 학생 스스로 자신의 이해와 수행을 평가하는 방법으로, 문제 해결과 추론 과정의 반성, 자신의 생각 표현, 태도 및 실천 능력 등을 평가할 때 활용할 수 있다.

⑥ 동료 평가는 동료 학생들이 상대방을 서로 평가하는 방법으로, 협력 학습 상황에서 학생 개개인의 역할 수행 정도나 집단 활동에 기여한 정도를 평가할 때 활용할 수 있다.

(라) 평가 내용이나 방법에 따라 학생에게 계산기, 컴퓨터, 교육용 소프트웨어 등의 공학적 도구와 다양한 교구를 이용할 수 있게 한다.

심화 수학Ⅱ

1. 성격

수학과는 수학의 개념, 원리, 법칙을 이해하고 기능을 습득하여 주변의 여러 가지 현상을 수학적으로 관찰하고 해석하며 논리적으로 사고하고 합리적으로 문제를 해결하는 능력과 태도를 기르는 교과이다. 수학은 오랜 역사를 통해 인류 문명 발전의 원동력이 되어 왔으며, 세계화·정보화가 가속화되는 미래 사회의 구성원에게 필수적인 역량을 제공한다. 수학 학습을 통해 학생들은 수학의 규칙성과 구조의 아름다움을 음미할 수 있고, 수학의 지식과 기능을 활용하여 수학 문제뿐만 아니라 실생활과 다른 교과의 문제를 창의적으로 해결할 수 있으며, 나아가 세계 공동체의 시민으로서 갖추어야 할 합리적 의사 결정 능력과 민주적 소통 능력을 함양할 수 있다.

〈심화 수학Ⅱ〉는 공통 과목인 〈수학〉과 전문 교과 과목인 〈심화 수학Ⅰ〉을 학습한 후에 선택할 수 있는 전문 교과 과목으로, 수학 일반 선택 과목과 진로 선택 과목의 주요 내용을 압축하여 심화 학습하기를 원하는 과학고등학교, 과학중점고등학교, 일반고등학교 학생들이 선택할 수 있는 과목이다. 〈심화 수학Ⅱ〉의 내용은 〈미적분〉, 〈확률과 통계〉, 〈기하〉의 주요 내용을 압축하고 심화한 것으로, '적분', '이차곡선', '공간도형과 공간좌표', '확률', '통계'의 5개 핵심 개념 영역으로 구성된다. '적분' 영역에서는 부정적분, 정적분을, '이차곡선' 영역에서는 이차곡선, 이차곡선의 접선을, '공간도형과 공간좌표' 영역에서는 공간도형, 공간좌표를, '확률' 영역에서는 순열과 조합, 확률의 뜻과 성질, 조건부 확률을, '통계' 영역에서는 확률분포, 통계적 추정을 다룬다.

〈심화 수학Ⅱ〉에서 학습한 수학의 지식과 기능은 수학 전문 교과 과목과 대학 수학 학습의 토대가 되고, 자연과학, 공학, 의학 및 이들의 응용 분야를 전공하는 데 학문적 기초가 되며, 나아가 창의적 역량을 갖춘 융합 인재로 성장할 수 있는 기반을 제공한다. 이를 위해 학생들은 〈심화 수학Ⅱ〉의 지식을 이해하고 기능을 습득하는 것과 더불어 문제 해결, 추론, 창의·융합, 의사소통, 정보 처리, 태도 및 실천의 6가지 수학 교과 역량을 길러야 한다.

교과 역량으로서의 문제 해결은 해결 방법을 알고 있지 않은 문제 상황에서 수학의 지식과 기능을

활용하여 해결 전략을 탐색하고 최적의 해결 방안을 선택하여 주어진 문제를 해결하는 능력이고, 추론은 수학적 사실을 추측하고 논리적으로 분석하고 정당화하며 그 과정을 반성하는 능력이다. 창의·융합은 수학의 지식과 기능을 토대로 새롭고 의미 있는 아이디어를 다양하고 풍부하게 산출하고 정교화하며, 여러 수학적 지식, 기능, 경험을 연결하거나 타 교과나 실생활의 지식, 기능, 경험을 수학과 연결·융합하여 새로운 지식, 기능, 경험을 생성하고 문제를 해결하는 능력이다. 의사소통은 수학 지식이나 아이디어, 수학적 활동의 결과, 문제 해결 과정, 신념과 태도 등을 말이나 글, 그림, 기호로 표현하고 다른 사람의 아이디어를 이해하는 능력이고, 정보 처리는 다양한 자료와 정보를 수집, 정리, 분석, 활용하고 적절한 공학적 도구나 교구를 선택, 이용하여 자료와 정보를 효과적으로 처리하는 능력이다. 끝으로, 태도 및 실천은 수학의 가치를 인식하고 자주적 수학 학습 태도와 민주 시민 의식을 갖추어 실천하는 능력이다.

수학 교과 역량 함양을 통해 학생들은 복잡하고 전문화되어 가는 미래 사회에서 사회 구성원의 역할을 성공적으로 수행할 수 있고, 개인의 잠재력과 재능을 발현할 수 있으며, 수학의 필요성과 유용성을 이해하고, 수학 학습의 즐거움을 느끼며, 수학에 대한 흥미와 자신감을 기를 수 있다.

2. 목표

수학의 개념, 원리, 법칙을 이해하고 기능을 습득하며 수학적으로 추론하고 의사소통하는 능력을 길러, 생활 주변과 사회 및 자연 현상을 수학적으로 이해하고 문제를 합리적이고 창의적으로 해결하며, 수학 학습자로서 바람직한 태도와 실천 능력을 기른다.

가. 사회 및 자연 현상을 수학적으로 관찰, 분석, 조직, 표현하는 경험을 통하여 적분, 이차곡선, 공간도형과 공간좌표, 확률, 통계에 관련된 개념, 원리, 법칙과 이들 사이의 관계를 이해하고 수학의 기능을 습득한다.

나. 수학적으로 추론하고 의사소통하며, 창의·융합적 사고와 정보 처리 능력을 바탕으로 사회 및 자연 현상을 수학적으로 이해하고 문제를 합리적이고 창의적으로 해결한다.

다. 수학에 대한 흥미와 자신감을 갖고 수학의 역할과 가치를 이해하며 수학 학습자로서 바람직한 태도와 실천 능력을 기른다.

3. 내용 체계 및 성취기준

가. 내용 체계

영역	핵심 개념	일반화된 지식	내용 요소
해석	적분	부정적분을 효율적으로 구하는 여러 가지 방법이 있으며, 정적분은 영역의 넓이, 입체도형의 부피, 곡선의 길이를 구하는 데 활용된다.	• 부정적분 • 정적분
기하	이차곡선	포물선, 타원, 쌍곡선은 원뿔의 절단을 통해 얻을 수 있는 곡선으로 좌표평면에서 방정식으로 표현된다.	• 이차곡선
	공간도형과 공간좌표	공간도형의 기본 구성 요소는 점, 직선, 평면이고, 공간좌표는 공간도형을 대수적으로 다루는 도구이며, 도형의 성질을 탐구하는 데 유용하게 사용된다.	• 공간도형 • 공간좌표
확률과 통계	확률	다양한 상황과 맥락에서 주어진 조건을 만족하는 경우의 수를 체계적이고 효율적으로 세는 방법이 존재하며, 확률은 사건이 일어날 가능성을 수치화한 것으로 의사 결정을 위한 중요한 도구이다.	• 순열과 조합 • 확률의 뜻과 성질 • 조건부확률
	통계	자료를 수집, 정리하여 불확실한 현상에 대한 모델을 설정하고, 해석, 추론, 예측한다.	• 확률분포 • 통계적 추정

나. 성취기준

(1) 적분

적분은 미분과 역관계에 있으며 도형의 넓이와 부피를 구하는 데 필요한 개념이다. 적분법은 지수함수와 로그함수 및 삼각함수를 포함한 다양한 함수의 부정적분과 정적분을 효율적으로 구하는 방법으로서 이들 함수로 표현되는 여러 가지 현상을 수학적으로 분석함으로써 곡선의 길이, 넓이, 부피 등으로 나타낼 수 있는 다양한 상황의 문제를 해결하는 데 활용된다. 적분법의 학습을 통해 수학적 문제 해결 능력과 창의·융합적 사고를 기를 수 있다.

1 부정적분

[12심수Ⅱ01-01] 여러 가지 함수의 부정적분을 구할 수 있다.

[12심수Ⅱ01-02] 치환적분법을 이해하고, 이를 활용할 수 있다.

[12심수Ⅱ01-03] 부분적분법을 이해하고, 이를 활용할 수 있다.

2 정적분

[12심수Ⅱ01-04] 구분구적법과 정적분의 뜻을 이해한다.
[12심수Ⅱ01-05] 곡선으로 둘러싸인 도형의 넓이를 구할 수 있다.
[12심수Ⅱ01-06] 입체도형의 부피를 구할 수 있다.
[12심수Ⅱ01-07] 속도와 거리에 관한 문제를 해결할 수 있다.
[12심수Ⅱ01-08] 평면상의 곡선의 길이를 구할 수 있다.

(가) 학습 요소

- 부정적분, 적분상수, 치환적분법, 부분적분법, 구분구적법, 정적분, 미적분의 기본 정리, $\int f(x)\,dx$, $\int_a^b f(x)\,dx$, $[F(x)]_a^b$

(2) 이차곡선

포물선, 타원, 쌍곡선은 원뿔의 절단을 통해 얻을 수 있는 곡선으로, 좌표평면에서 방정식으로 표현된다. 포물선, 타원, 쌍곡선의 방정식은 기하와 대수의 연결성을 경험할 수 있게 하고, 이차곡선의 실생활 활용은 수학의 유용성과 가치를 인식하게 한다.

1 이차곡선
[12심수Ⅱ02-01] 포물선의 뜻을 알고, 포물선의 방정식을 구할 수 있다.
[12심수Ⅱ02-02] 타원의 뜻을 알고, 타원의 방정식을 구할 수 있다.
[12심수Ⅱ02-03] 쌍곡선의 뜻을 알고, 쌍곡선의 방정식을 구할 수 있다.
[12심수Ⅱ02-04] 이차곡선과 직선의 위치 관계를 이해하고, 접선의 방정식을 구할 수 있다.

(가) 학습 요소

- 이차곡선, 포물선(축, 꼭짓점, 초점, 준선), 타원(초점, 꼭짓점, 중심, 장축, 단축), 쌍곡선(초점, 꼭짓점, 중심, 주축, 점근선)

(3) 공간도형과 공간좌표

공간도형의 기본 구성 요소는 점, 직선, 평면이고, 공간좌표는 공간도형을 대수적으로 다루는 도구이다. 공간도형의 성질에 대한 탐구는 공간 감각을 기르는 데 도움이 되고, 좌표공간을 통해 도형을 대수적으로 표현하고 다룸으로써 기하와 대수의 연결성을 경험하게 할 수 있다.

1 공간도형
[12심수Ⅱ03-01] 직선과 직선, 직선과 평면, 평면과 평면의 위치 관계에 대한 간단한 증명을 할 수 있다.
[12심수Ⅱ03-02] 삼수선의 정리를 이해하고, 이를 활용할 수 있다.
[12심수Ⅱ03-03] 정사영의 뜻을 알고, 이를 구할 수 있다.

2 공간좌표
[12심수Ⅱ03-04] 좌표공간에서 점의 좌표를 구할 수 있다.
[12심수Ⅱ03-05] 좌표공간에서 두 점 사이의 거리를 구할 수 있다.
[12심수Ⅱ03-06] 좌표공간에서 선분의 내분점과 외분점의 좌표를 구할 수 있다.
[12심수Ⅱ03-07] 구의 방정식을 구할 수 있다.

(가) 학습 요소

- 교선, 삼수선의 정리, 이면각(변, 면, 크기), 정사영, 좌표공간, 공간좌표, $\mathrm{P}(x, y, z)$

(4) 확률

순열과 조합을 이용하여 경우의 수를 빠짐없이 중복되지 않게 보다 합리적으로 구할 수 있고, 사건이 일어날 가능성을 수치화한 확률은 의사 결정을 위한 중요한 도구이다. 특히 일상생활에서 일어나는 사건들은 서로 영향을 주는 경우가 많으므로 한 사건이 일어난 후 다른 사건이 일어날 확률인 조건부 확률은 어떤 사건이 나중에 일어날 가능성을 알아보는 중요한 도구이다.

1 순열과 조합
[12심수Ⅱ04-01] 원순열, 중복순열, 같은 것이 있는 순열을 이해하고, 그 순열의 수를 구할 수 있다.
[12심수Ⅱ04-02] 중복조합을 이해하고, 그 조합의 수를 구할 수 있다.
[12심수Ⅱ04-03] 포함배제의 원리를 이해하고, 집합의 분할의 수를 구할 수 있다.
[12심수Ⅱ04-04] 자연수의 분할의 수를 구할 수 있고, 비둘기집의 원리를 이해한다.
[12심수Ⅱ04-05] 이항정리를 이해하고, 이를 이용하여 여러 가지 문제를 해결할 수 있다.

2 확률의 뜻과 성질
[12심수Ⅱ04-06] 수학적 확률과 통계적 확률의 뜻을 알고, 그 관계를 설명할 수 있다.
[12심수Ⅱ04-07] 확률의 기본 성질과 확률의 덧셈정리를 이해하고, 이를 활용하여 확률을 계산할 수 있다.
[12심수Ⅱ04-08] 여사건의 확률의 뜻을 알고, 이를 활용하여 확률을 계산할 수 있다.

3 조건부확률

[12심수Ⅱ04-09] 조건부확률의 뜻을 알고, 이를 활용하여 문제를 해결할 수 있다.
[12심수Ⅱ04-10] 사건의 독립과 종속의 의미를 이해하고 설명할 수 있다.
[12심수Ⅱ04-11] 확률의 곱셈정리를 이해하고, 이를 활용하여 문제를 해결할 수 있다.

(가) 학습 요소

- 원순열, 중복순열, 중복조합, 포함배제의 원리, 집합의 분할, 자연수의 분할, 비둘기집(의) 원리, 이항정리, 이항계수, 파스칼의 삼각형, 시행, 통계적 확률, 수학적 확률, 여사건, 배반사건, 조건부확률, 종속, 독립, 독립시행, ${}_n\Pi_r$, ${}_n\mathrm{H}_r$, $S(n,k)$, $P(n,k)$, $\mathrm{P}(A)$, $\mathrm{P}(B|A)$

(5) 통계

불확실한 현상에 대해 주어진 자료를 바탕으로 추론하여 결론을 이끌어 내는 통계는 현대 정보화 사회를 이해하는 중요한 도구이다. 모평균과 모비율의 추정을 통해 통계 자료를 바르게 해석하고 활용하는 통계적 사고 능력을 기를 수 있다.

1 확률분포
[12심수Ⅱ05-01] 확률변수와 확률분포의 뜻을 이해한다.
[12심수Ⅱ05-02] 이산확률변수의 기댓값(평균)과 표준편차를 구할 수 있다.
[12심수Ⅱ05-03] 이항분포의 뜻을 알고, 평균과 표준편차를 구할 수 있다.
[12심수Ⅱ05-04] 정규분포를 뜻을 알고, 그 성질을 이해한다.

2 통계적 추정
[12심수Ⅱ05-05] 모집단과 표본의 뜻을 알고 표본추출의 원리를 이해한다.
[12심수Ⅱ05-06] 표본평균과 모평균의 관계를 이해하고 설명할 수 있다.
[12심수Ⅱ05-07] 모평균을 추정하고, 그 결과를 해석할 수 있다.
[12심수Ⅱ05-08] 표본비율과 모비율의 관계를 이해하여 모비율을 추정하고, 그 결과를 해석할 수 있다.
[12심수Ⅱ05-09] 가설검정의 뜻을 이해한다.

(가) 학습 요소

- 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, 가설검정, 검정, $\mathrm{P}(X=x)$, $\mathrm{E}(X)$, $\mathrm{V}(X)$, $\sigma(X)$, $\mathrm{B}(n,\ p)$, $\mathrm{N}(m,\sigma^2)$ $\mathrm{N}(0,1)$, $\overline{X}$, S^2, S, $\hat{p}$

4. 교수·학습 및 평가의 방향

가. 교수·학습 방향

(1) 교수·학습 원칙

(가) 수학과의 교수·학습은 학생이 수학과 교육과정에 제시된 목표를 달성하고 전인적으로 성장하도록 돕는 것을 목적으로 한다.

(나) 수학과의 교수·학습은 교육과정에 제시된 내용의 수준과 범위를 준수하고, 교육과정에 제시된 목표, 내용, 평가와 일관성을 가져야 한다.

(다) 문제 해결, 추론, 창의·융합, 의사소통, 정보 처리, 태도 및 실천과 같은 수학 교과 역량을 함양하기 위한 교육 환경을 조성하고, 이에 적합한 교수·학습을 운영한다.

(라) 과목별 내용의 배열 순서가 반드시 교수·학습의 순서를 의미하는 것은 아니므로, 교수·학습 계획을 수립하거나 학습 자료를 개발할 때에는 내용의 특성과 난이도, 학교 여건, 학생의 수준 등을 고려하여 내용, 순서 등을 재구성할 수 있다.

(마) 교육과정에 제시된 내용을 지도한 후 학습 결손이 있는 학생에게는 보충 학습, 우수 학생에게는 심화 학습의 기회를 추가로 제공할 수 있다.

(2) 교수·학습 방법

(가) 수학과의 수업은 학생의 능력과 수준 등을 고려하여 설명식 교수, 탐구 학습, 프로젝트 학습, 토의·토론 학습, 협력 학습, 매체 및 도구 활용 학습 등을 적절히 선택하여 적용한다.

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

② 탐구 학습은 학생이 중심이 되어 수학 개념, 원리, 법칙을 발견하고 구성하는 교수·학습 방법으로, 학생 스스로 자료와 정보로부터 지식을 도출하거나 지식의 타당성을 확인하는 능력을 기를 수 있게 한다.

③ 프로젝트 학습은 특정 주제나 과제를 탐구하기 위해 계획을 수립하고 수행하여 결과물을 산출하거나 발표하는 교수·학습 방법으로, 개인별 또는 집단별로 실시할 수 있다.

④ 토의·토론 학습은 특정 주제에 대해 협의하거나 논의하는 교수·학습 방법으로, 의사소통이 지니는 상호 협력적인 면을 강조한다. 이를 통해 학생들이 교과 내용을 폭넓게 이해하고 논리적이고 비판적으로 추론하며 다른 사람의 의견을 비판적으로 수용하고 자신의 주장을 효과적으로 표현하는 능력을 기를 수 있게 한다.

⑤ 협력 학습은 모둠 내의 상호작용, 의사소통, 참여를 통해 공동의 학습 목표에 도달하도록 하는 교수·학습 방법으로, 다른 사람을 존중하고 배려하며 모둠 내의 역할을 이해하고 책임감을 기를 수 있게 한다.

⑥ 매체 및 도구 활용 학습은 학생의 수준과 학습 내용에 적합한 매체와 도구를 활용하여 흥미를 유발하고 학습의 효율성과 다양성을 도모하는 교수·학습 방법으로, 시청각 자료, 멀티미디어나 인터넷 등의 컴퓨터 활용 매체와 교구, 계산기, 교육용 소프트웨어 등의 도구를 이용한다.

(나) 문제 해결 능력을 함양하기 위한 교수·학습에서는 다음 사항을 강조한다.

① 문제를 해결할 때에는 문제를 이해하고 해결 전략을 탐색하며 해결 과정을 실행하고 검증 및 반성하는 단계를 거치도록 한다.

② 협력적 문제 해결 과제에서는 균형 있는 책임 분담과 상호작용을 통해 동료들과 협력하여 문제를 해결하게 한다.

③ 수학적 모델링 능력을 신장하기 위해 생활 주변이나 사회 및 자연 현상 등 다양한 맥락에서 파악된 문제를 해결하면서 수학적 개념, 원리, 법칙을 탐구하고 이를 일반화하게 한다.

④ 문제 해결력을 높이기 위해 주어진 문제를 변형하거나 새로운 문제를 만들어 해결하고 그 과정을 검증하는 문제 만들기 활동을 장려한다.

(다) 추론 능력을 함양하기 위한 교수·학습에서는 다음 사항을 강조한다.

① 관찰과 탐구 상황에서 귀납, 유추 등의 개연적 추론을 사용하여 학생 스스로 수학적 사실을 추측하고 적절한 근거에 기초하여 이를 정당화할 수 있게 한다.

② 수학의 개념, 원리, 법칙을 도출하는 과정과 수학적 절차를 논리적으로 수행하게 한다.

③ 추론 과정이 옳은지 비판적으로 평가하고 반성하도록 한다.

(라) 창의·융합 능력을 함양하기 위한 교수·학습에서는 다음 사항을 강조한다.

① 새롭고 의미 있는 아이디어를 다양하고 풍부하게 산출할 수 있는 수학적 과제를 제공하여 학생의 창의적 사고를 촉진시킨다.

② 하나의 문제를 여러 가지 방법으로 해결하게 하고, 해결 방법을 비교하여 더 효율적인 방법을 찾거나 정교화하게 한다.

③ 여러 수학적 지식, 기능, 경험을 연결하거나 수학과 타 교과나 실생활의 지식, 기능, 경험을 연결·융합하여 새로운 지식, 기능, 경험을 생성하고 문제를 해결하게 한다.

(마) 의사소통 능력을 함양하기 위한 교수·학습에서는 다음 사항을 강조한다.

① 수학 용어, 기호, 표, 그래프 등의 수학적 표현을 이해하고 정확하게 사용하며, 수학적 표현을 만들거나 변환하는 활동을 하게 한다.

② 수학적 아이디어 또는 수학 학습 과정과 결과를 말, 글, 그림, 기호, 표, 그래프 등을 사용하여 다른 사람과 효율적으로 의사소통할 수 있게 한다.

③ 다양한 관점을 존중하면서 다른 사람의 생각을 이해하고 수학적 아이디어를 표현하며 토론하게 한다.

(바) 정보 처리 능력을 함양하기 위한 교수·학습에서는 다음 사항을 강조한다.

① 실생활 및 수학적 문제 상황에서 적절한 자료를 탐색하여 수집하고, 목적에 맞게 정리, 분석, 평가하며, 분석한 정보를 문제 상황에 적합하게 활용할 수 있게 한다.

② 교수·학습 과정에서 적절한 교구를 활용한 조작 및 탐구 활동을 통해 수학의 개념과 원리를 이해하도록 한다.

③ 계산 능력 배양을 목표로 하지 않는 교수·학습 상황에서의 복잡한 계산 수행, 수학의 개념, 원리, 법칙의 이해, 문제 해결력 향상 등을 위하여 계산기, 컴퓨터, 교육용 소프트웨어 등의 공학적 도구를 이용할 수 있게 한다.

(사) 태도 및 실천 능력을 함양하기 위한 교수·학습에서는 다음 사항을 강조한다.

① 수학을 생활 주변과 사회 및 자연 현상과 관련지어 지도하여 수학의 필요성과 유용성을 알게 하고, 수학의 역할과 가치를 인식할 수 있게 한다.

② 수학에 대한 관심과 흥미, 호기심과 자신감을 갖고 수학 학습에 적극적으로 참여하게 하며, 끈기 있게 도전하도록 격려하고 학습 동기와 의욕을 유발한다.

③ 학생 스스로 목표를 설정하고 학습을 수행하며 학습 결과를 평가하는 자주적 학습 습관과 태도를 갖게 한다.

④ 수학적 활동을 통하여 정직하고 공정하며 책임감 있게 행동하고 어려움을 극복하기 위해 도전하는 용기 있는 태도, 타인을 배려하고 존중하며 협력하는 태도, 논리적 근거를 토대로 의견을 제시하고 합리적으로 의사 결정하는 태도를 갖고 이를 실천하게 한다.

(아) 의미 있는 발문을 하기 위하여 교수·학습에서 다음 사항에 유의한다.

① 학생의 사고를 촉진하는 다양한 발문을 통해 상호작용이 활발한 교실 환경을 구축하고 학생

의 능동적 수업 참여를 독려한다.

② 학생의 인지 발달과 경험을 고려하여 발문을 하고, 발문에 대한 학생의 반응을 의미 있게 처리한다.

(자) 개인차를 고려하여 수준별 수업을 운영할 때에는 다음 사항에 유의한다.

① 학습 목표를 효과적으로 달성하기 위해 교실 내에서 개인차를 고려한 소집단을 구성하거나 수준별 학급을 구성하여 교수·학습을 전개한다.

② 수준별 수업을 위해 집단을 편성할 때에는 학생 개인의 능력과 수준, 적성과 희망, 교사 수급과 유휴 교실 등의 학교 상황을 고려한다.

③ 수준별 수업은 내용 요소를 차별화하기보다는 내용의 깊이나 접근 방법에 차이를 두어 진행한다.

나. 평가 방향

(1) 평가 원칙

(가) 수학과의 평가는 학생의 인지적 영역과 정의적 영역에 대한 유용한 정보를 수집·활용하여 학생의 수학 학습과 전인적 성장을 돕고 교사의 수업 방법을 개선하는 것을 목적으로 한다.

(나) 수학과의 평가는 교육과정에 제시된 내용의 수준과 범위를 준수하고, 교육과정에 제시된 목표, 내용, 교수·학습과 일관성을 가져야 한다.

(다) 수학과의 평가에서는 수학의 개념, 원리, 법칙, 기능뿐만 아니라 문제 해결, 추론, 창의·융합, 의사소통, 정보 처리, 태도 및 실천과 같은 수학 교과 역량을 균형 있게 평가한다.

(라) 수학과의 평가는 학습자의 수준을 고려하고 평가 목적과 내용에 따라 다양한 평가 방법을 활용한다.

(마) 평가 결과는 학생, 학부모, 교사 등에게 환류하여 학생의 수학 학습 개선을 도울 수 있게 한다.

(2) 평가 방법

(가) 수학과의 평가는 학습 결과 평가뿐만 아니라 과정 중심 평가도 실시하여 종합적인 수학 학습 평가가 될 수 있게 한다.

(나) 수업의 전개 국면에 따라 진단평가, 형성평가, 총괄평가를 적절히 실시하되, 지속적인 평가를 통해 다양한 정보를 수집하고 수업에 활용한다.

(다) 학생의 수학 학습 과정과 결과는 지필 평가, 프로젝트 평가, 포트폴리오 평가, 관찰 평가, 면담 평가, 구술 평가, 자기 평가, 동료 평가 등의 다양한 평가 방법을 사용하여 양적 또는 질적으로 평가한다.

① 지필 평가는 수학의 개념, 원리, 법칙을 이해하고 적용하는 능력과 문제 해결, 추론, 창의·융합, 의사소통 능력 등을 평가하는 데 활용할 수 있고, 선택형, 단답형, 서·논술형 등의 다양한 문항 형태를 활용한다.

② 프로젝트 평가는 수학 학습을 토대로 특정한 주제나 과제에 대해서 자료를 수집하고 분석, 종합, 해결하는 과정과 결과를 평가하는 방법으로, 문제 해결, 창의·융합, 정보 처리 능력 등을 평가할 때 활용할 수 있다.

③ 포트폴리오 평가는 일정 기간 동안 수학 학습 수행과 그 결과물을 평가하는 방법으로, 학생의 학습 내용 이해와 수학 교과 역량을 종합적으로 판단하고 학생의 성장에 대한 정보를 얻는 데 활용할 수 있다.

④ 관찰 평가, 면담 평가, 구술 평가는 학생 개인 및 소집단을 관찰, 학생과의 대화, 학생의 발표를 통해 학생의 이해 정도와 사고 방법, 수행 과정 등을 평가하는 방법으로, 의사소통, 태도 및 실천 능력 등을 평가할 때 활용할 수 있다.

⑤ 자기 평가는 학생 스스로 자신의 이해와 수행을 평가하는 방법으로, 문제 해결과 추론 과정의 반성, 자신의 생각 표현, 태도 및 실천 능력 등을 평가할 때 활용할 수 있다.

⑥ 동료 평가는 동료 학생들이 상대방을 서로 평가하는 방법으로, 협력 학습 상황에서 학생 개개인의 역할 수행 정도나 집단 활동에 기여한 정도를 평가할 때 활용할 수 있다.

(라) 평가 내용이나 방법에 따라 학생에게 계산기, 컴퓨터, 교육용 소프트웨어 등의 공학적 도구와 다양한 교구를 이용할 수 있게 한다.

고급 수학 Ⅰ

1. 성격

수학과는 수학의 개념, 원리, 법칙을 이해하고 기능을 습득하여 주변의 여러 가지 현상을 수학적으로 관찰하고 해석하며 논리적으로 사고하고 합리적으로 문제를 해결하는 능력과 태도를 기르는 교과이다. 수학은 오랜 역사를 통해 인류 문명 발전의 원동력이 되어 왔으며, 세계화·정보화가 가속화되는 미래 사회의 구성원에게 필수적인 역량을 제공한다. 수학 학습을 통해 학생들은 수학의 규칙성과 구조의 아름다움을 음미할 수 있고, 수학의 지식과 기능을 활용하여 수학 문제뿐만 아니라 실생활과 다른 교과의 문제를 창의적으로 해결할 수 있으며, 나아가 세계 공동체의 시민으로서 갖추어야 할 합리적 의사 결정 능력과 민주적 소통 능력을 함양할 수 있다.

〈고급 수학Ⅰ〉은 〈심화 수학Ⅰ〉과 〈심화 수학Ⅱ〉를 학습하였거나 이들 과목에 포함된 내용을 다루는 수학 일반 선택과 진로 선택 과목을 학습한 후에 선택할 수 있는 전문 교과 과목으로, 더욱 심화된 수학을 학습하길기를 원하는 과학고등학교, 과학중점고등학교, 일반고등학교 학생들이 선택할 수 있는 과목이다. 〈고급 수학Ⅰ〉의 내용은 〈심화 수학Ⅰ〉과 〈심화 수학Ⅱ〉의 내용을 심화·발전시킨 것으로, '벡터', '행렬과 선형변환', '복소수와 극좌표', '그래프'의 4개 핵심 개념 영역으로 구성된다. '벡터' 영역에서는 벡터, 도형의 방정식을, '행렬과 선형변환' 영역에서는 행렬의 연산과 행렬식, 역행렬과 연립일차방정식, 행렬과 선형변환, 행렬의 대각화를, '복소수와 극좌표' 영역에서는 복소수와 극형식, 극좌표와 극방정식을, '그래프' 영역에서는 그래프와 행렬, 평면그래프와 수형도를 다룬다.

〈고급 수학Ⅰ〉에서 학습한 수학의 지식과 기능은 수학 전문 교과 과목과 대학 수학 학습의 토대가 되고, 자연과학, 공학, 의학 및 이들의 응용 분야를 전공하는 데 학문적 기초가 되며, 나아가 창의적 역량을 갖춘 융합 인재로 성장할 수 있는 기반을 제공한다. 이를 위해 학생들은 〈고급 수학Ⅰ〉의 지식을 이해하고 기능을 습득하는 것과 더불어 문제 해결, 추론, 창의·융합, 의사소통, 정보 처리, 태도 및 실천의 6가지 수학 교과 역량을 길러야 한다.

교과 역량으로서의 문제 해결은 해결 방법을 알고 있지 않은 문제 상황에서 수학의 지식과 기능을

활용하여 해결 전략을 탐색하고 최적의 해결 방안을 선택하여 주어진 문제를 해결하는 능력이고, 추론은 수학적 사실을 추측하고 논리적으로 분석하고 정당화하며 그 과정을 반성하는 능력이다. 창의·융합은 수학의 지식과 기능을 토대로 새롭고 의미 있는 아이디어를 다양하고 풍부하게 산출하고 정교화하며, 여러 수학적 지식, 기능, 경험을 연결하거나 타 교과나 실생활의 지식, 기능, 경험을 수학과 연결·융합하여 새로운 지식, 기능, 경험을 생성하고 문제를 해결하는 능력이다. 의사소통은 수학 지식이나 아이디어, 수학적 활동의 결과, 문제 해결 과정, 신념과 태도 등을 말이나 글, 그림, 기호로 표현하고 다른 사람의 아이디어를 이해하는 능력이고, 정보 처리는 다양한 자료와 정보를 수집, 정리, 분석, 활용하고 적절한 공학적 도구나 교구를 선택, 이용하여 자료와 정보를 효과적으로 처리하는 능력이다. 끝으로, 태도 및 실천은 수학의 가치를 인식하고 자주적 수학 학습 태도와 민주 시민 의식을 갖추어 실천하는 능력이다.

수학 교과 역량 함양을 통해 학생들은 복잡하고 전문화되어 가는 미래 사회에서 사회 구성원의 역할을 성공적으로 수행할 수 있고, 개인의 잠재력과 재능을 발현할 수 있으며, 수학의 필요성과 유용성을 이해하고, 수학 학습의 즐거움을 느끼며, 수학에 대한 흥미와 자신감을 기를 수 있다.

2. 목표

수학의 개념, 원리, 법칙을 이해하고 기능을 습득하며 수학적으로 추론하고 의사소통하는 능력을 길러, 생활 주변과 사회 및 자연 현상을 수학적으로 이해하고 문제를 합리적이고 창의적으로 해결하며, 수학 학습자로서 바람직한 태도와 실천 능력을 기른다.

가. 사회 및 자연 현상을 수학적으로 관찰, 분석, 조직, 표현하는 경험을 통하여 벡터, 행렬과 선형 변환, 복소수와 극좌표, 그래프에 관련된 개념, 원리, 법칙과 이들 사이의 관계를 이해하고 수학의 기능을 습득한다.

나. 수학적으로 추론하고 의사소통하며, 창의·융합적 사고와 정보 처리 능력을 바탕으로 사회 및 자연 현상을 수학적으로 이해하고 문제를 합리적이고 창의적으로 해결한다.

다. 수학에 대한 흥미와 자신감을 갖고 수학의 역할과 가치를 이해하며 수학 학습자로서 바람직한 태도와 실천 능력을 기른다.

3. 내용 체계 및 성취기준

가. 내용 체계

영역	핵심 개념	일반화된 지식	내용 요소
기하	벡터	크기와 방향을 가지는 벡터는 유향성분으로 표현할 수 있으며, 다양한 연산을 통해 추상적인 개념으로 확장된다.	• 벡터 • 도형의 방정식
대수	행렬과 선형변환	행렬은 연립일차방정식의 해를 구하는 데 활용되며, 대칭변환, 닮음변환, 회전변환 등의 선형변환을 이해하는 도구가 된다.	• 행렬의 연산과 행렬식 • 역행렬과 연립일차방정식 • 행렬과 선형변환 • 행렬의 대각화
해석	복소수와 극좌표	복소수는 여러 가지 형식으로 표현되며, 복소평면에서 곡선의 그래프 그리기, 방정식의 해 구하기 등 여러 가지 문제 해결에 활용된다.	• 복소수와 극형식 • 극좌표와 극방정식
대수	그래프	그래프는 여러 가지 자연 현상이나 사회 현상을 단순화하는 도구로써 복잡한 현상을 해석하는 데 활용된다.	• 그래프와 행렬 • 평면그래프와 수형도

나. 성취기준

(1) 벡터

크기와 방향을 가지는 벡터는 유향성분으로 표현할 수 있으며, 다양한 연산을 통해 추상적인 개념으로 확장된다. 벡터는 자연과학과 공학 등 다양한 분야에서 활용된다.

1 벡터

[12고수 I 01-01] 벡터의 뜻을 알고, 벡터의 덧셈, 뺄셈, 실수배를 할 수 있다.

[12고수 I 01-02] 평면과 공간에서 위치벡터의 뜻을 알고, 벡터와 좌표의 대응을 이해한다.

[12고수 I 01-03] 벡터의 내적과 외적의 뜻을 알고, 이를 활용할 수 있다.

2 도형의 방정식

[12고수 I 01-04] 평면에서 직선과 원의 방정식을 벡터를 이용하여 나타낼 수 있다.

[12고수 I 01-05] 공간에서 직선, 평면과 구의 방정식을 벡터를 이용하여 나타낼 수 있다.

[12고수 I 01-06] 벡터를 이용하여 공간에서 도형의 위치 관계를 이해한다.

(가) 학습 요소

- 벡터, 시점, 종점, 벡터의 크기, 영벡터, 단위벡터, 실수배, 평면벡터, 공간벡터, 위치벡터, 벡터의 성분, 내적, 외적, 방향벡터, 법선벡터, $\overrightarrow{\mathrm{AB}}$, $\vec{a}$, $|\vec{a}|$, $\vec{a}\cdot\vec{b}$, $\vec{a}\times\vec{b}$

(2) 행렬과 선형변환

행렬은 연립일차방정식의 해를 구하는 데 활용되며, 대칭변환, 닮음변환, 회전변환 등의 선형변환을 이해하는 도구가 된다. 행렬을 활용하면 다양한 분야에서 정보를 단순화하여 효율적으로 처리할 수 있다.

1 행렬의 연산과 행렬식
[12고수Ⅰ02-01] 행렬의 뜻을 알고 행렬의 덧셈, 뺄셈, 실수배, 곱셈을 할 수 있다.
[12고수Ⅰ02-02] 2×2, 3×3 행렬의 행렬식을 계산하고 활용할 수 있다.

2 역행렬과 연립일차방정식
[12고수Ⅰ02-03] 가우스 소거법을 이용하여 연립일차방정식을 풀 수 있다.
[12고수Ⅰ02-04] 가우스 소거법을 이용하여 역행렬을 구할 수 있다.

3 행렬과 선형변환
[12고수Ⅰ02-05] 선형변환의 뜻을 알고, 선형변환과 행렬 사이의 관계를 이해한다.
[12고수Ⅰ02-06] 평면에서의 대칭변환, 닮음변환, 회전변환과 행렬 사이의 관계를 이해한다.
[12고수Ⅰ02-07] 선형변환의 합성과 역변환의 뜻을 알고, 행렬을 이용하여 표현할 수 있다.

4 행렬의 대각화
[12고수Ⅰ02-08] 2×2 행렬의 고윳값과 고유벡터를 구할 수 있다.
[12고수Ⅰ02-09] 고윳값과 고유벡터를 이용하여 2×2 행렬을 대각화할 수 있다.

(가) 학습 요소

- 행렬, 성분, 행, 열, 정사각행렬, 영행렬, 단위행렬, 전치행렬, 대칭행렬, 역행렬, 기본행연산, 가우스 소거법, 변환, 선형변환, 대칭변환, 닮음변환, 회전변환, 역변환, 특성다항식, 고윳값, 고유벡터, 대각화, O, A^T, A^{-1}, $f:(x,y)\to(x',y')$, $f:(x,y,z)\to(x',y',z')$

(3) 복소수와 극좌표

복소수의 극형식과 극좌표를 통해 극방정식으로 주어진 곡선의 그래프를 그릴 수 있다. 또한 실수만으로 설명하기 어려운 현상들도 복소수를 이용하면 간단하고 편리하게 설명할 수 있다.

1 복소수와 극형식
[12고수 I 03-01] 복소평면의 뜻을 알고, 두 복소수 사이의 거리를 구할 수 있다.
[12고수 I 03-02] 복소수의 극형식의 뜻을 알고, 이를 이용하여 여러 가지 문제를 해결할 수 있다.
[12고수 I 03-03] 드 무와브르 정리를 통해 복소수의 연산의 기하적 의미를 이해한다.

2 극좌표와 극방정식
[12고수 I 03-04] 직교좌표와 극좌표의 관계를 이해한다.
[12고수 I 03-05] 극방정식으로 주어진 곡선의 그래프를 그릴 수 있다.
[12고수 I 03-06] 극방정식으로 주어진 곡선의 그래프의 성질을 이해하고, 이를 활용하여 접선과 교각을 구할 수 있다.

(가) 학습 요소

- 복소평면, 실수축, 허수축, (복소수의) 절댓값, 극형식, 편각, 드 무와브르 정리, 극평면, 극좌표, 극방정식, $\arg(z)$, $e^{i\theta}$

(4) 그래프

그래프는 여러 가지 자연이나 사회의 복잡한 현상을 단순화시키는 유용한 도구로써 이를 활용하여 실생활 문제를 효율적으로 해결할 수 있다.

1 그래프와 행렬
[12고수 I 04-01] 그래프의 뜻을 이해한다.
[12고수 I 04-02] 그래프의 꼭짓점의 차수의 합과 변의 개수의 관계를 설명할 수 있다.
[12고수 I 04-03] 그래프를 인접행렬로 나타내고, 그 성질을 이해한다.

2 평면그래프와 수형도
[12고수 I 04-04] 평면그래프의 뜻을 이해한다.
[12고수 I 04-05] 오일러그래프와 해밀턴그래프의 뜻을 이해한다.
[12고수 I 04-06] 수형도와 생성수형도의 뜻을 알고 주어진 그래프의 생성수형도를 찾을 수 있다.

(가) 학습 요소

- 그래프, (그래프의) 꼭짓점, (그래프의) 변, (꼭짓점의) 차수, 경로, 회로, 인접행렬, 평면그래프, 오일러그래프, 해밀턴그래프, 수형도, 생성수형도

4. 교수·학습 및 평가의 방향

가. 교수·학습 방향

(1) 교수·학습 원칙

(가) 수학과의 교수·학습은 학생이 수학과 교육과정에 제시된 목표를 달성하고 전인적으로 성장하도록 돕는 것을 목적으로 한다.

(나) 수학과의 교수·학습은 교육과정에 제시된 내용의 수준과 범위를 준수하고, 교육과정에 제시된 목표, 내용, 평가와 일관성을 가져야 한다.

(다) 문제 해결, 추론, 창의·융합, 의사소통, 정보 처리, 태도 및 실천과 같은 수학 교과 역량을 함양하기 위한 교육 환경을 조성하고, 이에 적합한 교수·학습을 운영한다.

(라) 과목별 내용의 배열 순서가 반드시 교수·학습의 순서를 의미하는 것은 아니므로, 교수·학습 계획을 수립하거나 학습 자료를 개발할 때에는 내용의 특성과 난이도, 학교 여건, 학생의 수준 등을 고려하여 내용, 순서 등을 재구성할 수 있다.

(마) 교육과정에 제시된 내용을 지도한 후 학습 결손이 있는 학생에게는 보충 학습, 우수 학생에게는 심화 학습의 기회를 추가로 제공할 수 있다.

(2) 교수·학습 방법

(가) 수학과의 수업은 학생의 능력과 수준 등을 고려하여 설명식 교수, 탐구 학습, 프로젝트 학습, 토의·토론 학습, 협력 학습, 매체 및 도구 활용 학습 등을 적절히 선택하여 적용한다.

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

② 탐구 학습은 학생이 중심이 되어 수학 개념, 원리, 법칙을 발견하고 구성하는 교수·학습 방법으로, 학생 스스로 자료와 정보로부터 지식을 도출하거나 지식의 타당성을 확인하는 능력을 기를 수 있게 한다.

③ 프로젝트 학습은 특정 주제나 과제를 탐구하기 위해 계획을 수립하고 수행하여 결과물을 산출하거나 발표하는 교수·학습 방법으로, 개인별 또는 집단별로 실시할 수 있다.

④ 토의·토론 학습은 특정 주제에 대해 협의하거나 논의하는 교수·학습 방법으로, 의사소통이 지니는 상호 협력적인 면을 강조한다. 이를 통해 학생들이 교과 내용을 폭넓게 이해하고 논리적이고 비판적으로 추론하며 다른 사람의 의견을 비판적으로 수용하고 자신의 주장을 효과적으로 표현하는 능력을 기를 수 있게 한다.

⑤ 협력 학습은 모둠 내의 상호작용, 의사소통, 참여를 통해 공동의 학습 목표에 도달하도록 하는 교수·학습 방법으로, 다른 사람을 존중하고 배려하며 모둠 내의 역할을 이해하고 책임감을 기를 수 있게 한다.

⑥ 매체 및 도구 활용 학습은 학생의 수준과 학습 내용에 적합한 매체와 도구를 활용하여 흥미를 유발하고 학습의 효율성과 다양성을 도모하는 교수·학습 방법으로, 시청각 자료, 멀티미디어나 인터넷 등의 컴퓨터 활용 매체와 교구, 계산기, 교육용 소프트웨어 등의 도구를 이용한다.

(나) 문제 해결 능력을 함양하기 위한 교수·학습에서는 다음 사항을 강조한다.

① 문제를 해결할 때에는 문제를 이해하고 해결 전략을 탐색하며 해결 과정을 실행하고 검증 및 반성하는 단계를 거치도록 한다.

② 협력적 문제 해결 과제에서는 균형 있는 책임 분담과 상호작용을 통해 동료들과 협력하여 문제를 해결하게 한다.

③ 수학적 모델링 능력을 신장하기 위해 생활 주변이나 사회 및 자연 현상 등 다양한 맥락에서 파악된 문제를 해결하면서 수학적 개념, 원리, 법칙을 탐구하고 이를 일반화하게 한다.

④ 문제 해결력을 높이기 위해 주어진 문제를 변형하거나 새로운 문제를 만들어 해결하고 그 과정을 검증하는 문제 만들기 활동을 장려한다.

(다) 추론 능력을 함양하기 위한 교수·학습에서는 다음 사항을 강조한다.

① 관찰과 탐구 상황에서 귀납, 유추 등의 개연적 추론을 사용하여 학생 스스로 수학적 사실을 추측하고 적절한 근거에 기초하여 이를 정당화할 수 있게 한다.

② 수학의 개념, 원리, 법칙을 도출하는 과정과 수학적 절차를 논리적으로 수행하게 한다.

③ 추론 과정이 옳은지 비판적으로 평가하고 반성하도록 한다.

(라) 창의·융합 능력을 함양하기 위한 교수·학습에서는 다음 사항을 강조한다.

① 새롭고 의미 있는 아이디어를 다양하고 풍부하게 산출할 수 있는 수학적 과제를 제공하여 학생의 창의적 사고를 촉진시킨다.

② 하나의 문제를 여러 가지 방법으로 해결하게 하고, 해결 방법을 비교하여 더 효율적인 방법을 찾거나 정교화하게 한다.

③ 여러 수학적 지식, 기능, 경험을 연결하거나 수학과 타 교과나 실생활의 지식, 기능, 경험을 연결·융합하여 새로운 지식, 기능, 경험을 생성하고 문제를 해결하게 한다.

(마) 의사소통 능력을 함양하기 위한 교수·학습에서는 다음 사항을 강조한다.

① 수학 용어, 기호, 표, 그래프 등의 수학적 표현을 이해하고 정확하게 사용하며, 수학적 표현을 만들거나 변환하는 활동을 하게 한다.

② 수학적 아이디어 또는 수학 학습 과정과 결과를 말, 글, 그림, 기호, 표, 그래프 등을 사용하여 다른 사람과 효율적으로 의사소통할 수 있게 한다.

③ 다양한 관점을 존중하면서 다른 사람의 생각을 이해하고 수학적 아이디어를 표현하며 토론하게 한다.

(바) 정보 처리 능력을 함양하기 위한 교수·학습에서는 다음 사항을 강조한다.

① 실생활 및 수학적 문제 상황에서 적절한 자료를 탐색하여 수집하고, 목적에 맞게 정리, 분석, 평가하며, 분석한 정보를 문제 상황에 적합하게 활용할 수 있게 한다.

② 교수·학습 과정에서 적절한 교구를 활용한 조작 및 탐구 활동을 통해 수학의 개념과 원리를 이해하도록 한다.

③ 계산 능력 배양을 목표로 하지 않는 교수·학습 상황에서의 복잡한 계산 수행, 수학의 개념, 원리, 법칙의 이해, 문제 해결력 향상 등을 위하여 계산기, 컴퓨터, 교육용 소프트웨어 등의 공학적 도구를 이용할 수 있게 한다.

(사) 태도 및 실천 능력을 함양하기 위한 교수·학습에서는 다음 사항을 강조한다.

① 수학을 생활 주변과 사회 및 자연 현상과 관련지어 지도하여 수학의 필요성과 유용성을 알게 하고, 수학의 역할과 가치를 인식할 수 있게 한다.

② 수학에 대한 관심과 흥미, 호기심과 자신감을 갖고 수학 학습에 적극적으로 참여하게 하며, 끈기 있게 도전하도록 격려하고 학습 동기와 의욕을 유발한다.

③ 학생 스스로 목표를 설정하고 학습을 수행하며 학습 결과를 평가하는 자주적 학습 습관과 태도를 갖게 한다.

④ 수학적 활동을 통하여 정직하고 공정하며 책임감 있게 행동하고 어려움을 극복하기 위해 도전하는 용기 있는 태도, 타인을 배려하고 존중하며 협력하는 태도, 논리적 근거를 토대로 의견을 제시하고 합리적으로 의사 결정하는 태도를 갖고 이를 실천하게 한다.

(아) 의미 있는 발문을 하기 위하여 교수·학습에서 다음 사항에 유의한다.

① 학생의 사고를 촉진하는 다양한 발문을 통해 상호작용이 활발한 교실 환경을 구축하고 학생

의 능동적 수업 참여를 독려한다.

② 학생의 인지 발달과 경험을 고려하여 발문을 하고, 발문에 대한 학생의 반응을 의미 있게 처리한다.

(자) 개인차를 고려하여 수준별 수업을 운영할 때에는 다음 사항에 유의한다.

① 학습 목표를 효과적으로 달성하기 위해 교실 내에서 개인차를 고려한 소집단을 구성하거나 수준별 학급을 구성하여 교수·학습을 전개한다.

② 수준별 수업을 위해 집단을 편성할 때에는 학생 개인의 능력과 수준, 적성과 희망, 교사 수급과 유휴 교실 등의 학교 상황을 고려한다.

③ 수준별 수업은 내용 요소를 차별화하기보다는 내용의 깊이나 접근 방법에 차이를 두어 진행한다.

나. 평가 방향

(1) 평가 원칙

(가) 수학과의 평가는 학생의 인지적 영역과 정의적 영역에 대한 유용한 정보를 수집·활용하여 학생의 수학 학습과 전인적 성장을 돕고 교사의 수업 방법을 개선하는 것을 목적으로 한다.

(나) 수학과의 평가는 교육과정에 제시된 내용의 수준과 범위를 준수하고, 교육과정에 제시된 목표, 내용, 교수·학습과 일관성을 가져야 한다.

(다) 수학과의 평가에서는 수학의 개념, 원리, 법칙, 기능뿐만 아니라 문제 해결, 추론, 창의·융합, 의사소통, 정보 처리, 태도 및 실천과 같은 수학 교과 역량을 균형 있게 평가한다.

(라) 수학과의 평가는 학습자의 수준을 고려하고 평가 목적과 내용에 따라 다양한 평가 방법을 활용한다.

(마) 평가 결과는 학생, 학부모, 교사 등에게 환류하여 학생의 수학 학습 개선을 도울 수 있게 한다.

(2) 평가 방법

(가) 수학과의 평가는 학습 결과 평가뿐만 아니라 과정 중심 평가도 실시하여 종합적인 수학 학습 평가가 될 수 있게 한다.

(나) 수업의 전개 국면에 따라 진단평가, 형성평가, 총괄평가를 적절히 실시하되, 지속적인 평가를 통해 다양한 정보를 수집하고 수업에 활용한다.

(다) 학생의 수학 학습 과정과 결과는 지필 평가, 프로젝트 평가, 포트폴리오 평가, 관찰 평가, 면담 평가, 구술 평가, 자기 평가, 동료 평가 등의 다양한 평가 방법을 사용하여 양적 또는 질적으로 평가한다.

① 지필 평가는 수학의 개념, 원리, 법칙을 이해하고 적용하는 능력과 문제 해결, 추론, 창의·융합, 의사소통 능력 등을 평가하는 데 활용할 수 있고, 선택형, 단답형, 서·논술형 등의 다양한 문항 형태를 활용한다.

② 프로젝트 평가는 수학 학습을 토대로 특정한 주제나 과제에 대해서 자료를 수집하고 분석, 종합, 해결하는 과정과 결과를 평가하는 방법으로, 문제 해결, 창의·융합, 정보 처리 능력 등을 평가할 때 활용할 수 있다.

③ 포트폴리오 평가는 일정 기간 동안 수학 학습 수행과 그 결과물을 평가하는 방법으로, 학생의 학습 내용 이해와 수학 교과 역량을 종합적으로 판단하고 학생의 성장에 대한 정보를 얻는 데 활용할 수 있다.

④ 관찰 평가, 면담 평가, 구술 평가는 학생 개인 및 소집단을 관찰, 학생과의 대화, 학생의 발표를 통해 학생의 이해 정도와 사고 방법, 수행 과정 등을 평가하는 방법으로, 의사소통, 태도 및 실천 능력 등을 평가할 때 활용할 수 있다.

⑤ 자기 평가는 학생 스스로 자신의 이해와 수행을 평가하는 방법으로, 문제 해결과 추론 과정의 반성, 자신의 생각 표현, 태도 및 실천 능력 등을 평가할 때 활용할 수 있다.

⑥ 동료 평가는 동료 학생들이 상대방을 서로 평가하는 방법으로, 협력 학습 상황에서 학생 개개인의 역할 수행 정도나 집단 활동에 기여한 정도를 평가할 때 활용할 수 있다.

(라) 평가 내용이나 방법에 따라 학생에게 계산기, 컴퓨터, 교육용 소프트웨어 등의 공학적 도구와 다양한 교구를 이용할 수 있게 한다.

고급 수학Ⅱ

1. 성격

수학과는 수학의 개념, 원리, 법칙을 이해하고 기능을 습득하여 주변의 여러 가지 현상을 수학적으로 관찰하고 해석하며 논리적으로 사고하고 합리적으로 문제를 해결하는 능력과 태도를 기르는 교과이다. 수학은 오랜 역사를 통해 인류 문명 발전의 원동력이 되어 왔으며, 세계화·정보화가 가속화되는 미래 사회의 구성원에게 필수적인 역량을 제공한다. 수학 학습을 통해 학생들은 수학의 규칙성과 구조의 아름다움을 음미할 수 있고, 수학의 지식과 기능을 활용하여 수학 문제뿐만 아니라 실생활과 다른 교과의 문제를 창의적으로 해결할 수 있으며, 나아가 세계 공동체의 시민으로서 갖추어야 할 합리적 의사 결정 능력과 민주적 소통 능력을 함양할 수 있다.

〈고급 수학Ⅱ〉는 〈고급 수학Ⅰ〉을 학습한 후에 선택할 수 있는 전문 교과 과목으로, 더욱 심화된 수학을 학습하길기를 원하는 과학고등학교, 과학중점고등학교, 일반고등학교 학생들이 선택할 수 있는 과목이다. 〈고급 수학Ⅱ〉의 내용은 〈심화 수학Ⅰ〉과 〈심화 수학Ⅱ〉 및 〈고급 수학Ⅰ〉의 내용을 심화·발전시킨 것으로, '미적분의 활용', '급수', '수학적 모델링'의 3개 핵심 개념 영역으로 구성된다. '미적분의 활용' 영역에서는 미분의 활용, 적분의 활용을, '급수' 영역에서는 급수의 수렴과 발산, 멱급수를, '수학적 모델링' 영역에서는 수학적 모델링의 뜻, 그래프와 모델링, 행렬과 모델링, 미분방정식과 모델링을 다룬다.

〈고급 수학Ⅱ〉에서 학습한 수학의 지식과 기능은 대학 수학 학습의 토대가 되고, 자연과학, 공학, 의학 및 이들의 응용 분야를 전공하는 데 학문적 기초가 되며, 나아가 창의적 역량을 갖춘 융합 인재로 성장할 수 있는 기반을 제공한다. 이를 위해 학생들은 〈고급 수학Ⅱ〉의 지식을 이해하고 기능을 습득하는 것과 더불어 문제 해결, 추론, 창의·융합, 의사소통, 정보 처리, 태도 및 실천의 6가지 수학 교과 역량을 길러야 한다.

교과 역량으로서의 문제 해결은 해결 방법을 알고 있지 않은 문제 상황에서 수학의 지식과 기능을 활용하여 해결 전략을 탐색하고 최적의 해결 방안을 선택하여 주어진 문제를 해결하는 능력이고, 추론

은 수학적 사실을 추측하고 논리적으로 분석하고 정당화하며 그 과정을 반성하는 능력이다. 창의·융합은 수학의 지식과 기능을 토대로 새롭고 의미 있는 아이디어를 다양하고 풍부하게 산출하고 정교화하며, 여러 수학적 지식, 기능, 경험을 연결하거나 타 교과나 실생활의 지식, 기능, 경험을 수학과 연결·융합하여 새로운 지식, 기능, 경험을 생성하고 문제를 해결하는 능력이다. 의사소통은 수학 지식이나 아이디어, 수학적 활동의 결과, 문제 해결 과정, 신념과 태도 등을 말이나 글, 그림, 기호로 표현하고 다른 사람의 아이디어를 이해하는 능력이고, 정보 처리는 다양한 자료와 정보를 수집, 정리, 분석, 활용하고 적절한 공학적 도구나 교구를 선택, 이용하여 자료와 정보를 효과적으로 처리하는 능력이다. 끝으로, 태도 및 실천은 수학의 가치를 인식하고 자주적 수학 학습 태도와 민주 시민 의식을 갖추어 실천하는 능력이다.

수학 교과 역량 함양을 통해 학생들은 복잡하고 전문화되어 가는 미래 사회에서 사회 구성원의 역할을 성공적으로 수행할 수 있고, 개인의 잠재력과 재능을 발현할 수 있으며, 수학의 필요성과 유용성을 이해하고, 수학 학습의 즐거움을 느끼며, 수학에 대한 흥미와 자신감을 기를 수 있다.

2. 목표

수학의 개념, 원리, 법칙을 이해하고 기능을 습득하며 수학적으로 추론하고 의사소통하는 능력을 길러, 생활 주변과 사회 및 자연 현상을 수학적으로 이해하고 문제를 합리적이고 창의적으로 해결하며, 수학 학습자로서 바람직한 태도와 실천 능력을 기른다.

가. 사회 및 자연 현상을 수학적으로 관찰, 분석, 조직, 표현하는 경험을 통하여 미적분의 활용, 급수, 수학적 모델링에 관련된 개념, 원리, 법칙과 이들 사이의 관계를 이해하고 수학의 기능을 습득한다.

나. 수학적으로 추론하고 의사소통하며, 창의·융합적 사고와 정보 처리 능력을 바탕으로 사회 및 자연 현상을 수학적으로 이해하고 문제를 합리적이고 창의적으로 해결한다.

다. 수학에 대한 흥미와 자신감을 갖고 수학의 역할과 가치를 이해하며 수학 학습자로서 바람직한 태도와 실천 능력을 기른다.

3. 내용 체계 및 성취기준

가. 내용 체계

영역	핵심 개념	일반화된 지식	내용 요소
해석	미적분의 활용	미분은 변화 현상을, 적분은 길이, 넓이, 부피로 표현되는 여러 가지 상황을 해석하고 설명하는 데 활용된다.	• 미분의 활용 • 적분의 활용
	급수	급수의 수렴과 발산을 판정하는 다양한 방법이 있으며, 여러 가지 함수를 다항함수로 근사시키는 데 테일러 급수가 활용된다.	• 급수의 수렴과 발산 • 멱급수
대수 해석	수학적 모델링	수학적 모델링은 자연과 사회의 다양한 현상을 수학적 모델로 표현하고, 이를 수학적 방법으로 해결한 후 그 결과를 활용하여 주어진 실생활 문제를 해석하고 설명하는 모든 과정이다.	• 수학적 모델링 • 그래프와 모델링 • 행렬과 모델링 • 미분방정식과 모델링

나. 성취기준

(1) 미적분의 활용

로피탈의 정리는 부정형의 극한을 구하는 데에 편리하게 활용된다. 폐구간에서 유계인 함수에 대해서만 정의되었던 정적분은 이상적분을 통해 다양한 함수의 정적분으로 확장된다. 미분과 적분을 활용하면 국소적으로 근사해를 찾거나, 직관적으로 구하기 어려운 곡선의 길이, 영역 및 곡면의 넓이, 입체의 부피 등을 구할 수 있다.

1 미분의 활용

[12고수Ⅱ01-01] 코시의 평균값 정리를 이해하고, 이를 활용할 수 있다.

[12고수Ⅱ01-02] 로피탈의 정리를 이해하고, 이를 이용하여 부정형의 극한을 구할 수 있다.

[12고수Ⅱ01-03] 뉴턴의 방법을 활용하여 방정식의 근사해를 구할 수 있다.

[12고수Ⅱ01-04] 쌍곡선함수와 역쌍곡선함수의 도함수를 구할 수 있다.

2 적분의 활용

[12고수Ⅱ01-05] 쌍곡선함수와 역쌍곡선함수의 부정적분을 구할 수 있다.

[12고수Ⅱ01-06] 이상적분의 뜻을 알고, 이상적분의 값을 구할 수 있다.

[12고수Ⅱ01-07] 회전체의 부피와 회전면의 넓이를 구할 수 있다.

[12고수Ⅱ01-08] 극방정식으로 주어진 곡선의 길이와 영역의 넓이를 구할 수 있다.

[12고수Ⅱ01-09] 수치적인 방법을 이용하여 곡선으로 둘러싸인 영역의 넓이의 근삿값을 구할 수 있다.

(가) 학습 요소

- 코시(의) 평균값 정리, 로피탈(의) 정리, 부정형, 근사해, 뉴턴의 방법, 쌍곡선함수, 역쌍곡선함수, 이상적분, 파푸스(의) 정리, 사다리꼴 방법, 심프슨(의) 법칙, $\sinh x$, $\cosh x$, $\tanh x$, $\sinh^{-1}x$, $\cosh^{-1}x$, $\tanh^{-1}x$, $\int_a^\infty f(x)dx$, $\int_{-\infty}^a f(x)dx$, $\int_{-\infty}^\infty f(x)dx$

(2) 급수

단조 수렴정리는 수열의 수렴성을 판단하는 데 중요하게 활용되며, 수열의 일반항이 어떤 조건을 만족하느냐에 따라 급수의 수렴 여부를 쉽게 판정하는 방법이 있다. 또한 테일러 급수를 활용하면 특정한 구간에서 복잡한 형태의 함수를 다항함수로 근사시킬 수 있다.

1 급수의 수렴과 발산

[12고수Ⅱ02-01] 단조수렴정리를 활용하여 수열의 수렴과 발산을 판정할 수 있다.

[12고수Ⅱ02-02] 부분합의 극한을 이용하여 급수의 수렴과 발산을 설명할 수 있다.

[12고수Ⅱ02-03] 여러 가지 판정법을 이용하여 양항 급수의 수렴과 발산을 판정할 수 있다.

[12고수Ⅱ02-04] 절대수렴과 조건수렴의 뜻을 알고, 교대급수판정법을 이해하고 적용할 수 있다.

2 멱급수

[12고수Ⅱ02-05] 멱급수의 뜻을 알고, 수렴반경을 구할 수 있다.

[12고수Ⅱ02-06] 멱급수의 기본 성질을 활용하여 여러 가지 함수를 멱급수로 표현할 수 있다.

[12고수Ⅱ02-07] 테일러 다항식과 테일러 급수의 뜻을 안다.

[12고수Ⅱ02-08] 테일러의 정리를 활용하여 근사다항식을 구하고, 오일러 항등식을 증명할 수 있다.

(가) 학습 요소

- 유계, 상계, 최소상계, 단조수렴정리, 일반항판정법, 적분판정법, $p-$급수, 조화급수, 비교판정법, 극한비교판정법, 비판정법, 근판정법, 절대수렴, 조건수렴, 교대급수, 교대급수판정법, 재배열급수, 멱급수, 수렴반지름, 수렴구간, 테일러 급수, 매클로린 급수, 테일러 다항식, 테일러의 정리, 오일러 항등식, $e^{i\theta}$

(3) 수학적 모델링

수학적 모델링은 자연과 사회의 다양한 현상을 수학적 모델로 표현하고, 이를 수학적 방법으로 해결한 후 그 결과를 활용하여 주어진 실생활 문제를 해석하고 설명하는 모든 과정이다. 그래프, 행렬의 대각화, 미분방정식 등을 이용한 수학적 모델링을 통해 실생활의 다양한 문제를 해결할 수 있다.

1 수학적 모델링

[12고수Ⅱ03-01] 간단한 상황에 대한 수학적 모델을 만들 수 있다.

[12고수Ⅱ03-02] 수학적 모델링과 그 과정을 이해한다.

[12고수Ⅱ03-03] 다양한 실생활 문제를 수와 양, 방정식과 부등식, 함수를 활용한 수학적 모델링으로 해결할 수 있음을 이해한다.

2 그래프와 모델링

[12고수Ⅱ03-04] 채색수와 채색다항식을 활용하여 여러 가지 색칠 문제를 해결할 수 있다.

[12고수Ⅱ03-05] 오일러 그래프와 해밀턴 그래프를 활용하여 실생활 문제를 해결할 수 있다.

3 행렬과 모델링

[12고수Ⅱ03-06] 행렬의 대각화를 활용하여 이차곡선의 일반형을 표준형으로 변환할 수 있다.

[12고수Ⅱ03-07] 행렬의 대각화를 활용하여 간단한 마르코프 체인 문제를 해결할 수 있다.

4 미분방정식과 모델링

[12고수Ⅱ03-08] 미분방정식의 뜻을 알고, 방향장을 이용하여 미분방정식의 해를 나타낼 수 있다.

[12고수Ⅱ03-09] 오일러의 방법을 활용하여 미분방정식의 근사해를 구할 수 있다.

[12고수Ⅱ03-10] 특정한 형태의 미분방정식의 해를 구할 수 있다.

[12고수Ⅱ03-11] 미분방정식을 활용하여 실생활 문제를 해결할 수 있다.

(가) 학습 요소

- 수학적 모델, 수학적 모델링, 채색수, 채색다항식, 마르코프 체인, 안정 상태, 미분방정식, 방향장, 오일러의 방법, 변수분리, 선형미분방정식, 적분인자

4. 교수·학습 및 평가의 방향

가. 교수·학습 방향

(1) 교수·학습 원칙

(가) 수학과의 교수·학습은 학생이 수학과 교육과정에 제시된 목표를 달성하고 전인적으로 성장하도록 돕는 것을 목적으로 한다.

(나) 수학과의 교수·학습은 교육과정에 제시된 내용의 수준과 범위를 준수하고, 교육과정에 제시된 목표, 내용, 평가와 일관성을 가져야 한다.

(다) 문제 해결, 추론, 창의·융합, 의사소통, 정보 처리, 태도 및 실천과 같은 수학 교과 역량을 함양하기 위한 교육 환경을 조성하고, 이에 적합한 교수·학습을 운영한다.

(라) 과목별 내용의 배열 순서가 반드시 교수·학습의 순서를 의미하는 것은 아니므로, 교수·학습 계획을 수립하거나 학습 자료를 개발할 때에는 내용의 특성과 난이도, 학교 여건, 학생의 수준 등을 고려하여 내용, 순서 등을 재구성할 수 있다.

(마) 교육과정에 제시된 내용을 지도한 후 학습 결손이 있는 학생에게는 보충 학습, 우수 학생에게는 심화 학습의 기회를 추가로 제공할 수 있다.

(2) 교수·학습 방법

(가) 수학과의 수업은 학생의 능력과 수준 등을 고려하여 설명식 교수, 탐구 학습, 프로젝트 학습, 토의·토론 학습, 협력 학습, 매체 및 도구 활용 학습 등을 적절히 선택하여 적용한다.

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

② 탐구 학습은 학생이 중심이 되어 수학 개념, 원리, 법칙을 발견하고 구성하는 교수·학습 방법으로, 학생 스스로 자료와 정보로부터 지식을 도출하거나 지식의 타당성을 확인하는 능력을 기를 수 있게 한다.

③ 프로젝트 학습은 특정 주제나 과제를 탐구하기 위해 계획을 수립하고 수행하여 결과물을 산출하거나 발표하는 교수·학습 방법으로, 개인별 또는 집단별로 실시할 수 있다.

④ 토의·토론 학습은 특정 주제에 대해 협의하거나 논의하는 교수·학습 방법으로, 의사소통이 지니는 상호 협력적인 면을 강조한다. 이를 통해 학생들이 교과 내용을 폭넓게 이해하고 논리적이고 비판적으로 추론하며 다른 사람의 의견을 비판적으로 수용하고 자신의 주장을 효과적으로 표현하는 능력을 기를 수 있게 한다.

⑤ 협력 학습은 모둠 내의 상호작용, 의사소통, 참여를 통해 공동의 학습 목표에 도달하도록 하는 교수·학습 방법으로, 다른 사람을 존중하고 배려하며 모둠 내의 역할을 이해하고 책임감을 기를 수 있게 한다.

⑥ 매체 및 도구 활용 학습은 학생의 수준과 학습 내용에 적합한 매체와 도구를 활용하여 흥미를 유발하고 학습의 효율성과 다양성을 도모하는 교수·학습 방법으로, 시청각 자료, 멀티미디어나 인터넷 등의 컴퓨터 활용 매체와 교구, 계산기, 교육용 소프트웨어 등의 도구를 이용한다.

(나) 문제 해결 능력을 함양하기 위한 교수·학습에서는 다음 사항을 강조한다.

① 문제를 해결할 때에는 문제를 이해하고 해결 전략을 탐색하며 해결 과정을 실행하고 검증 및 반성하는 단계를 거치도록 한다.

② 협력적 문제 해결 과제에서는 균형 있는 책임 분담과 상호작용을 통해 동료들과 협력하여 문제를 해결하게 한다.

③ 수학적 모델링 능력을 신장하기 위해 생활 주변이나 사회 및 자연 현상 등 다양한 맥락에서 파악된 문제를 해결하면서 수학적 개념, 원리, 법칙을 탐구하고 이를 일반화하게 한다.

④ 문제 해결력을 높이기 위해 주어진 문제를 변형하거나 새로운 문제를 만들어 해결하고 그 과정을 검증하는 문제 만들기 활동을 장려한다.

(다) 추론 능력을 함양하기 위한 교수·학습에서는 다음 사항을 강조한다.

① 관찰과 탐구 상황에서 귀납, 유추 등의 개연적 추론을 사용하여 학생 스스로 수학적 사실을 추측하고 적절한 근거에 기초하여 이를 정당화할 수 있게 한다.

② 수학의 개념, 원리, 법칙을 도출하는 과정과 수학적 절차를 논리적으로 수행하게 한다.

③ 추론 과정이 옳은지 비판적으로 평가하고 반성하도록 한다.

(라) 창의·융합 능력을 함양하기 위한 교수·학습에서는 다음 사항을 강조한다.

① 새롭고 의미 있는 아이디어를 다양하고 풍부하게 산출할 수 있는 수학적 과제를 제공하여 학생의 창의적 사고를 촉진시킨다.

② 하나의 문제를 여러 가지 방법으로 해결하게 하고, 해결 방법을 비교하여 더 효율적인 방법을 찾거나 정교화하게 한다.

③ 여러 수학적 지식, 기능, 경험을 연결하거나 수학과 타 교과나 실생활의 지식, 기능, 경험을 연결·융합하여 새로운 지식, 기능, 경험을 생성하고 문제를 해결하게 한다.

(마) 의사소통 능력을 함양하기 위한 교수·학습에서는 다음 사항을 강조한다.

① 수학 용어, 기호, 표, 그래프 등의 수학적 표현을 이해하고 정확하게 사용하며, 수학적 표현을 만들거나 변환하는 활동을 하게 한다.

② 수학적 아이디어 또는 수학 학습 과정과 결과를 말, 글, 그림, 기호, 표, 그래프 등을 사용하여 다른 사람과 효율적으로 의사소통할 수 있게 한다.

③ 다양한 관점을 존중하면서 다른 사람의 생각을 이해하고 수학적 아이디어를 표현하며 토론하게 한다.

(바) 정보 처리 능력을 함양하기 위한 교수·학습에서는 다음 사항을 강조한다.

① 실생활 및 수학적 문제 상황에서 적절한 자료를 탐색하여 수집하고, 목적에 맞게 정리, 분석, 평가하며, 분석한 정보를 문제 상황에 적합하게 활용할 수 있게 한다.

② 교수·학습 과정에서 적절한 교구를 활용한 조작 및 탐구 활동을 통해 수학의 개념과 원리를 이해하도록 한다.

③ 계산 능력 배양을 목표로 하지 않는 교수·학습 상황에서의 복잡한 계산 수행, 수학의 개념, 원리, 법칙의 이해, 문제 해결력 향상 등을 위하여 계산기, 컴퓨터, 교육용 소프트웨어 등의 공학적 도구를 이용할 수 있게 한다.

(사) 태도 및 실천 능력을 함양하기 위한 교수·학습에서는 다음 사항을 강조한다.

① 수학을 생활 주변과 사회 및 자연 현상과 관련지어 지도하여 수학의 필요성과 유용성을 알게 하고, 수학의 역할과 가치를 인식할 수 있게 한다.

② 수학에 대한 관심과 흥미, 호기심과 자신감을 갖고 수학 학습에 적극적으로 참여하게 하며, 끈기 있게 도전하도록 격려하고 학습 동기와 의욕을 유발한다.

③ 학생 스스로 목표를 설정하고 학습을 수행하며 학습 결과를 평가하는 자주적 학습 습관과 태도를 갖게 한다.

④ 수학적 활동을 통하여 정직하고 공정하며 책임감 있게 행동하고 어려움을 극복하기 위해 도전하는 용기 있는 태도, 타인을 배려하고 존중하며 협력하는 태도, 논리적 근거를 토대로 의견을 제시하고 합리적으로 의사 결정하는 태도를 갖고 이를 실천하게 한다.

(아) 의미 있는 발문을 하기 위하여 교수·학습에서 다음 사항에 유의한다.

① 학생의 사고를 촉진하는 다양한 발문을 통해 상호작용이 활발한 교실 환경을 구축하고 학

생의 능동적 수업 참여를 독려한다.

② 학생의 인지 발달과 경험을 고려하여 발문을 하고, 발문에 대한 학생의 반응을 의미 있게 처리한다.

(자) 개인차를 고려하여 수준별 수업을 운영할 때에는 다음 사항에 유의한다.

① 학습 목표를 효과적으로 달성하기 위해 교실 내에서 개인차를 고려한 소집단을 구성하거나 수준별 학급을 구성하여 교수·학습을 전개한다.

② 수준별 수업을 위해 집단을 편성할 때에는 학생 개인의 능력과 수준, 적성과 희망, 교사 수급과 유휴 교실 등의 학교 상황을 고려한다.

③ 수준별 수업은 내용 요소를 차별화하기보다는 내용의 깊이나 접근 방법에 차이를 두어 진행한다.

나. 평가 방향

(1) 평가 원칙

(가) 수학과의 평가는 학생의 인지적 영역과 정의적 영역에 대한 유용한 정보를 수집·활용하여 학생의 수학 학습과 전인적 성장을 돕고 교사의 수업 방법을 개선하는 것을 목적으로 한다.

(나) 수학과의 평가는 교육과정에 제시된 내용의 수준과 범위를 준수하고, 교육과정에 제시된 목표, 내용, 교수·학습과 일관성을 가져야 한다.

(다) 수학과의 평가에서는 수학의 개념, 원리, 법칙, 기능뿐만 아니라 문제 해결, 추론, 창의·융합, 의사소통, 정보 처리, 태도 및 실천과 같은 수학 교과 역량을 균형 있게 평가한다.

(라) 수학과의 평가는 학습자의 수준을 고려하고 평가 목적과 내용에 따라 다양한 평가 방법을 활용한다.

(마) 평가 결과는 학생, 학부모, 교사 등에게 환류하여 학생의 수학 학습 개선을 도울 수 있게 한다.

(2) 평가 방법

(가) 수학과의 평가는 학습 결과 평가뿐만 아니라 과정 중심 평가도 실시하여 종합적인 수학 학습 평가가 될 수 있게 한다.

(나) 수업의 전개 국면에 따라 진단평가, 형성평가, 총괄평가를 적절히 실시하되, 지속적인 평가를

통해 다양한 정보를 수집하고 수업에 활용한다.

(다) 학생의 수학 학습 과정과 결과는 지필 평가, 프로젝트 평가, 포트폴리오 평가, 관찰 평가, 면담 평가, 구술 평가, 자기 평가, 동료 평가 등의 다양한 평가 방법을 사용하여 양적 또는 질적으로 평가한다.

① 지필 평가는 수학의 개념, 원리, 법칙을 이해하고 적용하는 능력과 문제 해결, 추론, 창의·융합, 의사소통 능력 등을 평가하는 데 활용할 수 있고, 선택형, 단답형, 서·논술형 등의 다양한 문항 형태를 활용한다.

② 프로젝트 평가는 수학 학습을 토대로 특정한 주제나 과제에 대해서 자료를 수집하고 분석, 종합, 해결하는 과정과 결과를 평가하는 방법으로, 문제 해결, 창의·융합, 정보 처리 능력 등을 평가할 때 활용할 수 있다.

③ 포트폴리오 평가는 일정 기간 동안 수학 학습 수행과 그 결과물을 평가하는 방법으로, 학생의 학습 내용 이해와 수학 교과 역량을 종합적으로 판단하고 학생의 성장에 대한 정보를 얻는 데 활용할 수 있다.

④ 관찰 평가, 면담 평가, 구술 평가는 학생 개인 및 소집단을 관찰, 학생과의 대화, 학생의 발표를 통해 학생의 이해 정도와 사고 방법, 수행 과정 등을 평가하는 방법으로, 의사소통, 태도 및 실천 능력 등을 평가할 때 활용할 수 있다.

⑤ 자기 평가는 학생 스스로 자신의 이해와 수행을 평가하는 방법으로, 문제 해결과 추론 과정의 반성, 자신의 생각 표현, 태도 및 실천 능력 등을 평가할 때 활용할 수 있다.

⑥ 동료 평가는 동료 학생들이 상대방을 서로 평가하는 방법으로, 협력 학습 상황에서 학생 개개인의 역할 수행 정도나 집단 활동에 기여한 정도를 평가할 때 활용할 수 있다.

(라) 평가 내용이나 방법에 따라 학생에게 계산기, 컴퓨터, 교육용 소프트웨어 등의 공학적 도구와 다양한 교구를 이용할 수 있게 한다.

고급 물리학

1. 성격

‘고급 물리학’은 물리학에 흥미와 관심이 있는 과학 계열 고등학교 학생이나 일반계 고등학교에서 과학 과목 중점 교육과정을 이수하는 학생들이 ‘물리학Ⅰ’ 또는 ‘물리학Ⅱ’를 이수한 후에 배우는 과목으로 심화된 수준으로 물리학의 학문적 체계 및 내용을 학습하기 위한 교과이다.

‘고급 물리학’의 내용은 역학, 전자기학, 광학, 현대 물리 영역으로 이루어져 있으며, 각 영역은 서로 독립적인 몇 개의 핵심 주제와 물리학이 사회, 문화, 예술에 공헌하는 주제로 구성된다.

‘고급 물리학’에서는 다양한 탐구 중심의 학습이 이루어지도록 한다. 또한 기본 개념의 통합적인 이해 및 과학의 탐구 경험을 통하여 과학적 사고력, 과학적 탐구 능력, 과학적 문제 해결력, 과학적 의사소통 능력, 과학적 참여와 평생 학습 능력 등의 과학과 핵심역량을 함양하도록 한다.

과학적 사고력은 과학적 주장과 증거의 관계를 탐색하는 과정에서 필요한 사고이다. 과학적 세계관 및 자연관, 과학의 지식과 방법, 과학적인 증거와 이론을 토대로 합리적이고 논리적으로 추론하는 능력, 추리 과정과 논증에 대해 비판적으로 고찰하는 능력, 다양하고 독창적인 아이디어를 산출하는 능력 등을 포함한다.

과학적 탐구 능력은 과학적 문제 해결을 위해 실험, 조사, 토론 등 다양한 방법으로 증거를 수집, 해석, 평가하여 새로운 과학 지식을 얻거나 의미를 구성해 가는 능력을 말한다. 과학적 탐구를 위해서는 과학 탐구 기능과 지식을 통합하여 적용하고 활용하는 능력이 필요하며 과학적 사고력이 이 과정에 기초가 된다.

과학적 문제 해결력은 과학적 지식과 과학적 사고를 활용하여 개인적 혹은 공적 문제를 해결하는 능력이다. 일상생활의 문제를 해결하기 위해 문제와 관련 있는 과학적 사실, 원리, 개념 등의 지식을 생각해 내고 활용하며 다양한 정보와 자료를 수집, 분석, 평가, 선택, 조직하여 가능한 해결 방안을 제시하고 실행하는 능력이 필요하다. 문제 해결력은 문제 해결 과정에 대한 반성적 사고 능력과 문제 해결 과정에서의 합리적 의사 결정 능력도 포함한다.

과학적 의사소통 능력은 과학적 문제 해결 과정과 결과를 공동체 내에서 공유하고 발전시키기 위해 자신의 생각을 주장하고 타인의 생각을 이해하며 조정하는 능력을 말한다. 말, 글, 그림, 기호 등 다양한 양식의 의사소통 방법과 컴퓨터, 시청각 기기 등 다양한 매체를 통하여 제시되는 과학기술 정보를 이해하고 표현하는 능력, 증거에 근거하여 논증 활동을 하는 능력 등을 포함한다.

과학적 참여와 평생 학습 능력은 사회에서 공동체의 일원으로 합리적이고 책임 있게 행동하기 위해 과학기술의 사회적 문제에 대한 관심을 가지고 의사 결정 과정에 참여하며 새로운 과학기술 환경에 적응하기 위해 스스로 지속적으로 학습해 나가는 능력을 가리킨다.

2. 목표

'고급 물리학'은 과학기술과 관련된 전공 분야로 진출하는 데 필요한 '물리학Ⅰ', '물리학Ⅱ'의 심화 내용을 체계적으로 이해하며, 탐구 역량을 키우고 과학적 태도와 물리학의 사회·문화적 가치에 관한 이해를 기르는 것을 목표로 한다. 이를 위한 세부 목표는 다음과 같다.

가. 물리학 학습에 호기심과 흥미를 가지고, 자연 현상 및 첨단 과학기술과 관련된 문제를 과학적으로 해결하려는 태도를 기른다.
나. 물리학의 탐구 방법을 이해하고 자연 현상 및 일상생활과 관련된 문제를 과학적으로 탐구하려는 능력을 기른다.
다. 물리 개념의 심화된 내용을 체계적으로 이해하고, 자연 현상 및 첨단 과학기술과 관련된 문제 해결에 이를 적용한다.
라. 물리학과 기술, 사회, 문화, 예술의 상호 보완적 관계를 이해한다.

3. 내용 체계

가. 내용 체계

영역	핵심 개념	일반화된 지식	내용 요소	기능
			고급 물리학	
역학	2차원 운동	2차원 운동을 벡터로 분석한다.	• 벡터와 스칼라 • 가속도	• 문제 인식 • 탐구 설계와 수행

영역	핵심 개념	일반화된 지식	내용 요소 고급 물리학	기능
			• 포물선 운동 • 단진동	• 자료의 수집· 분석 및 해석 • 수학적 사고와 컴퓨터 활용 • 모형의 개발과 사용 • 증거에 기초한 토론과 논증 • 결론 도출 및 평가 • 의사소통
	일과 에너지	중력은 보존력이다.	• 보존력과 비보존력 • 일-에너지 정리 • 퍼텐셜 에너지 • 역학적 에너지 보존	
	입자계의 운동	입자계의 운동을 질량 중심으로 설명한다.	• 질량 중심 • 질량 중심의 운동 • 입자계의 운동	
	회전운동·행성의 운동	회전 운동은 각운동량, 각속도, 각가속도, 회전 관성, 돌림힘 등으로 기술된다.	• 회전 동역학 • 돌림힘과 회전 관성 • 각운동량 • 케플러 법칙 • 인공위성의 운동	
	열에너지	열역학 법칙들로 이상 기체의 운동 및 열역학 과정을 설명한다.	• 기체 운동론 • 이상 기체 상태 방정식 • 내부 에너지 • 열역학 제1법칙 • 열역학 과정 • 열역학 제2법칙	
	복잡한 현상의 물리	다양한 물리 개념으로 복잡한 자연 및 사회 현상을 설명할 수 있다.	• 엔트로피 • 복잡계	
전자기학	전기장과 가우스 법칙	가우스 법칙을 활용하여 전기장과 전위를 구할 수 있다.	• 가우스 법칙 • 도체와 유전체의 전기장 • 전위 • 정전 차폐와 등전위면	
	전기 회로	직류 및 교류 회로의 다양한 회로 소자들의 값을 구할 수 있다.	• 평행판 축전기 • 전기용량 • 키르히호프 법칙 • 교류 회로 • 공진 회로(LC, RLC회로)	
	전자기 유도	전기와 자기의 상호 유도 관계를 설명하는 다양한 법칙들이 있다.	• 비오-사바르 법칙 • 암페어 법칙 • 직선 및 원형 전류에 의한 자	

영역	핵심 개념	일반화된 지식	내용 요소 고급 물리학	기능
			기장 • 솔레노이드 내부의 자기장 • 패러데이 법칙 • 렌츠 법칙 • 자체 유도	
	전자기파	맥스웰 방정식은 전자기학 주요 원리들을 통합하였다.	• 맥스웰 방정식 • 전자기파의 발생 • 전자기파의 성질과 종류 • 안테나	
	의학물리	많은 물리학의 원리들이 의학 발전에 기여한다.	• 감각 기관의 작동 원리 • 체지방 측정기 • 영상 의학 장치(X-ray, CT, MRI, PET),	
광학	기하광학	거울과 렌즈에 의한 상을 정량적으로 알 수 있다.	• 거울에 의한 상 • 렌즈에 의한 상 • 여러 가지 광학 기구	
	간섭·회절	파동의 기본 요소로 간섭과 회절 현상을 설명할 수 있다.	• 파동의 종류 • 파수와 진동수 • 파동의 속력 • 파동 함수 • 파동의 간섭 • 빛의 간섭 • 간섭계 • 파동의 회절 • 빛의 회절 • 여러 가지 회절(회절격자) • 분해능과 수차	
	영상 물리	광학은 최신 영상 기술에 광범위하게 응용된다.	• 편광 • LCD, OLED, 3D 영상 디스플레이	
현대 물리	상대성 이론	상대성 이론으로 미시 및 거시 세계의 현상을 설명하고 예측할 수 있다.	• 좌표계와 관성력 • 특수 상대성 이론의 원리 • 특수 상대론적 시간과 공간 • 동시성 • 특수 상대론적 질량과 에너지	

영역	핵심 개념	일반화된 지식	내용 요소 고급 물리학	기능
			• 일반 상대성 이론의 원리	
	양자 역학	양자 역학으로 물질의 미시적 작용을 설명한다.	• 물질파 • 빛과 물질의 이중성 • 상보성 원리와 불확정성 원리 • 보어의 양자 가설 • 에너지 준위와 스펙트럼 • 1차원 무한 퍼텐셜 상자 속의 입자	
	핵반응	핵반응은 원자핵의 물리적 변화 과정을 설명한다.	• 핵분열의 기본 과정 • 핵융합의 기본 과정 • 핵융합과 플라스마 • 핵융합 기술의 전망	
	기본 입자	표준 모형으로 입자들의 기본 상호 작용을 설명한다.	• 상호 작용 • 표준 모형 • 입자 검출기	
	소재 물리	물리학은 다양한 소재 개발에 활용된다.	• 띠이론과 다이오드 • 레이저 • 나노 튜브와 그래핀	

나. 성취기준

(1) 역학

이 단원은 행성의 운동에서부터 입자의 운동까지 우리가 경험하거나 알고 있는 운동 현상을 설명하기 위한 개념과 법칙을 학습하기 위한 단원이다. 행성의 운동에서부터 입자의 운동까지 우리가 경험하거나 알고 있는 모든 운동 현상을 설명 및 분석하기 위해서는 힘, 운동, 에너지 등에 관한 다양한 개념과 법칙을 알아야 한다. 여기에는 2차원 운동의 분석, 일과 에너지 관계, 입자계의 운동, 회전 운동, 행성의 운동에 관한 법칙들이 있다. 그리고 열에너지와 관련된 열역학 법칙이 있고, 엔트로피 관점으로 복잡한 현상을 이해하는 비선형 물리학이 있다.

[12고물01-01] 물리량을 벡터량과 스칼라량으로 구분하고 벡터의 연산(내적, 외적)을 할 수 있다.
[12고물01-02] 가속도의 의미를 이해하고 미분을 이용하여 표현할 수 있으며, 등가속도 운동에서 위치, 속도, 가속도 사이의 관계를 설명할 수 있다.

[12고물01-03] 지표면 근처에서 일어나는 포물선 운동을 분석할 수 있다.
[12고물01-04] 단진동의 의미를 알고, 단진자의 주기에 영향을 주는 변인을 찾아낼 수 있다.
[12고물01-05] 용수철 진자의 주기를 정량적으로 계산할 수 있다.
[12고물01-06] 일과 운동 에너지와의 관계, 보존력과 퍼텐셜 에너지와의 관계를 유도하고 그 의미를 설명할 수 있다.
[12고물01-07] 안정 평형과 불안정 평형을 퍼텐셜 에너지 곡선을 통해 해석할 수 있고, 중력 퍼텐셜 에너지와 탄성 퍼텐셜 에너지를 설명할 수 있다.
[12고물01-08] 보존력을 정의하고, 보존력의 특성과 예를 설명할 수 있다.
[12고물01-09] 역학적 에너지 보존 법칙을 사용하여 물체에 보존력이 작용하는 경우의 운동을 해석할 수 있다.
[12고물01-10] 입자계의 운동에서 질량 중심을 정의하고, 질량 중심의 운동을 벡터로 표현할 수 있다.
[12고물01-11] 입자계에서 뉴턴 법칙을 적용하여 운동량 보존 법칙을 유도하고 그 의미를 설명할 수 있다.
[12고물01-12] 운동량 보존 법칙이 적용되는 여러 가지 충돌 현상을 찾아 토의할 수 있다.
[12고물01-13] 병진 운동과 회전 운동을 비교하고, 회전 운동에서 각변위, 각속도, 각가속도 사이의 관계를 수식으로 표현할 수 있다.
[12고물01-14] 회전 관성, 각운동량, 돌림힘(토크) 등의 정의를 이용하여 회전 동역학에 관한 법칙들을 유도할 수 있다.
[12고물01-15] 천체의 운동을 포함한 일상생활의 다양한 운동에서 각운동량 보존 법칙이 적용되는 예를 찾아 토의할 수 있다.
[12고물01-16] 케플러의 세 가지 운동 법칙을 이용하여 행성의 운동을 분석할 수 있다.
[12고물01-17] 케플러 법칙을 이용하여 인공위성의 궤도, 속도를 구할 수 있다.
[12고물01-18] 기체의 내부 에너지와 온도, 압력 등을 분자 운동 모형으로 설명할 수 있다.
[12고물01-19] 이상 기체 방정식을 통해 이상 기체의 특성을 설명할 수 있다.
[12고물01-20] 열역학 제1법칙을 통해 열과 일의 출입에 따른 일상생활의 다양한 열역학 과정을 설명할 수 있다.
[12고물01-21] 엔트로피의 개념을 알고 열역학 제2법칙을 적용하여 자연 현상을 설명할 수 있다.
[12고물01-22] 사회적 현상을 엔트로피 관점으로 설명할 수 있는 사례를 제시하고 사회 현상을 분석하는 데 물리학 법칙을 이용할 수 있다.
[12고물01-23] 경제 현상, 네트워크 이론, 뇌과학, 생태계 등을 비선형 물리학으로 해석하는 사례를 수집·분석하여 복잡계 물리학의 활용을 토의할 수 있다.

(2) 전자기학

이 단원에서는 일상생활에서 접하는 전자기 현상을 설명하기 위해 다양한 전자기 법칙과 개념을 학습한다. 여기에서 전기장, 가우스 법칙, 비오-사바르 법칙, 암페어 법칙, 패러데이 법칙, 렌츠 법칙, 맥

스웰 방정식 등이 있다. 체지방 측정기나 영상 의학 장치와 같이 최근 의학에서 물리 원리를 이용한 장치를 다룬다.

[12고물02-01] 대칭적 전하 분포에서 가우스 법칙을 이용하여 전기장을 구할 수 있다.
[12고물02-02] 전기장, 전위, 전기력선의 관계를 알고, 정전기 차폐와 등전위면 등을 설명할 수 있다.
[12고물02-03] 도체와 유전체의 내부와 외부의 전기장을 예측할 수 있다.
[12고물02-04] 전기 쌍극자의 의미를 알고, 전기장과 전위를 구할 수 있다.
[12고물02-05] 평행판 축전기의 직렬연결과 병렬연결에 따른 전기 용량 변화를 계산할 수 있다.
[12고물02-06] 평행판 충전기에서 유전체의 역할을 이해하고, 평행판 축전기의 전기 용량을 계산할 수 있다.
[12고물02-07] 키르히호프 법칙을 이용하여, 다양한 회로 내 전류, 전압을 예측할 수 있다.
[12고물02-08] 비오-사바르 법칙을 이용하여 전류에 의한 자기장을 예측할 수 있다.
[12고물02-09] 직선 및 원형 전류에 의한 자기장, 솔레노이드 내부의 자기장을 암페어 법칙을 이용하여 구할 수 있다.
[12고물02-10] 유도 기전력, 자기 선속의 개념을 알고, 패러데이 법칙과 렌츠 법칙을 설명할 수 있다.
[12고물02-11] 자체 유도 계수(인덕턴스)의 개념을 알고, RL회로에서 전류의 변화를 그래프로 나타내고 설명할 수 있다.
[12고물02-12] 교류 전기의 발생 원리를 이해하고, 교류 기전력의 주기적 변화를 예측할 수 있다.
[12고물02-13] 용량 리액턴스와 유도 리액턴스의 뜻을 알고, 이를 이용하여 교류 회로에서 임피던스를 계산할 수 있다.
[12고물02-14] LC회로와 RLC회로에서 전기 진동과 공진 현상을 이해하고, 이것이 활용한 예를 들 수 있다.
[12고물02-15] 전자기파의 파동 방정식을 유도하고, 맥스웰 방정식의 과학사적 의미에 대해 토의할 수 있다.
[12고물02-16] 전자기파의 발생 원리를 이해하고, 전자기파의 성질과 종류를 구별할 수 있다.
[12고물02-17] 청각과 시각 기관의 작동 원리를 물리적으로 설명할 수 있다.
[12고물02-18] 인체의 구조를 역학, 전자기학 등으로 해석하고, 체지방 측정기의 원리를 이해할 수 있다.
[12고물02-19] 영상 의학 장치(X-ray, CT, MRI, PET 등)에 적용되는 물리학의 원리를 설명할 수 있다.

(3) 광학

이 단원은 광학 기기와 영상 기술 장치에 적용되는 다양한 광학 개념과 법칙을 다룬다. 거울에 의한 반사, 렌즈에 의한 굴절 현상을 다루는 기하 광학은 현미경, 망원경, 카메라 등과 같은 여러 광학 기계에 적용되어 있다. 파동의 중첩에 의한 간섭과 회절 현상은 간섭계와 회절격자를 이용한 산업용 기기에 활용되고 있다. 특히 3D 영상 기술, 영상 디스플레이에 적용되어 영상 예술에 기여하고 있다.

[12고물03-01] 오목 거울과 볼록 거울에 의한 상을 광선 추적과 거울 방정식을 통해 예측할 수 있다.
[12고물03-02] 얇은 볼록 렌즈와 오목 렌즈에 의한 상을 광선 추적과 렌즈 방정식을 통해 예측할 수 있다.
[12고물03-03] 현미경, 망원경, 카메라 등 여러 가지 광학 기계의 원리를 조사하여 설명할 수 있다.
[12고물03-04] 다양한 파동의 종류를 구별하고, 파동 함수로부터 파수, 진동수, 파동의 속력 등을 구할 수 있다.
[12고물03-05] 파동의 간섭 현상을 수학적으로 해석하고, 생활 주변에서 발견할 수 있는 간섭 현상의 예를 찾아 설명할 수 있다.
[12고물03-06] 영의 이중 슬릿 실험에서 나타나는 무늬의 특징에 대하여 설명하고, 변인에 따른 변화를 예측할 수 있다.
[12고물03-07] 마이컬슨 간섭계 등 산업계에서 이용되는 간섭계에 대해 설명할 수 있다.
[12고물03-08] 회절의 원리를 이해하고, 일상생활에서 나타나는 회절 현상의 예를 들 수 있다.
[12고물03-09] 단일 슬릿에 의한 회절 실험에서 나타나는 무늬의 특징을 설명하고, 변인에 따른 변화를 예측할 수 있다.
[12고물03-10] 이중 슬릿에 의한 회절 무늬 특징을 알고, 다중 슬릿 등에 의한 회절 현상의 분석에 적용할 수 있다.
[12고물03-11] 분해능과 수차의 정의를 알고, 광학 기기에 적용하여 설명할 수 있다.
[12고물03-12] 편광의 원리를 이해하고, 3D 영상 기술 등 편광이 실생활에 적용되는 사례를 찾아 설명할 수 있다.
[12고물03-13] 영상 디스플레이(LCD, PDP, OLED 등)에 적용된 물리학적 원리를 조사하여 설명할 수 있다.

(4) 현대 물리

이 단원에서는 현대 물리학을 이해하는 기초 지식으로서 상대성 이론, 불확정성의 원리, 양자 역학을 다룬다. 이 지식은 핵반응과 물질의 기본 입자를 이해하는 토대가 된다. 또한 반도체, 레이저, 나노튜브, 그래핀과 같은 신소재를 개발하고 활용하는 데에도 필요하다.

[12고물04-01] 가속 좌표계 안에서 관성력을 도입하여, 가속 좌표계 에서 물체의 운동을 설명할 수 있다.
[12고물04-02] 특수 상대성 이론의 가정을 알고 시간 팽창, 길이 수축, 동시성의 상대성에 대해 사고 실험을 통해 설명할 수 있다.
[12고물04-03] 특수 상대성 이론을 이용하여 빠른 속도로 움직이는 물체의 질량과 에너지 관계를 설명할 수 있다.
[12고물04-04] 일반 상대성 이론의 원리를 바탕으로 중력 렌즈와 블랙홀, 중력에 의한 시간 변화 등을 정성적으로 설명할 수 있다.

[12고물04-05] 보어의 양자 가설을 이용하여 수소 원자 모형의 에너지 준위와 스펙트럼의 관계를 설명할 수 있다.
[12고물04-06] 1차원 무한 퍼텐셜 상자 속의 입자가 갖는 파동 함수와 에너지 준위를 계산하여 해석할 수 있다.
[12고물04-07] 핵분열과 핵융합의 기본 과정을 이해하고, 그 활용 기술의 위험과 안전에 대해 토론할 수 있다.
[12고물04-08] 별에서의 핵융합 반응과 플라스마에 대해 설명하고, 현재 진행되고 있는 핵융합 기술 연구에 대한 전망을 토의할 수 있다.
[12고물04-09] 네 가지 기본 상호 작용을 알고, 그 크기와 작용 범위를 비교할 수 있다.
[12고물04-10] 표준 모형에 있는 쿼크, 렙톤, 매개 입자의 특성을 비교하여 설명할 수 있다.
[12고물04-11] 안개상자, 가이거 검출기, CERN의 입자 가속기 등 여러 가지 검출기에 대해 조사하여 발표할 수 있다.
[12고물04-12] 반도체를 띠이론으로 이해하고, p형 반도체와 n형 반도체로 제작한 다이오드의 구조와 특성을 설명할 수 있다.
[12고물04-13] 레이저의 원리와 응용 분야에 대해 조사하여 발표할 수 있다.
[12고물04-14] 나노 튜브와 그래핀 등 신소재의 활용 전망을 조사하여 분석하고, 나노 물리학의 전망을 토의할 수 있다.

4. 교수·학습 및 평가의 방향

가. 교수 · 학습 방향

‘고급 물리학’의 교수·학습은 이공계 진학을 희망하는 학생의 기초 지식 및 탐구 능력을 개발하기 위해 학생의 능력에 맞는 심화된 내용을 다룬다. 학생들이 적극적으로 참여하는 실험과 관찰 위주로 과학적인 경험을 쌓을 수 있는 기회를 적절히 제공하고, 다양한 개방적 탐구 및 문제 해결 과제 등을 수행할 기회를 제공하여 독창적이고 자기 주도적인 물리 탐구 능력을 기르게 한다. 과학과 교육과정의 주요 역량인 문제 인식, 탐구 설계와 수행, 자료의 수집·분석 및 해석, 수학적 사고와 컴퓨터 활용, 모형의 개발과 사용, 증거에 기초한 토론과 논증, 결론 도출 및 평가, 의사소통 능력을 적용하여 신장할 수 있는 기회를 제공한다. 역량 개발은 강의 및 탐구 수업 모두에서 가능하지만 특히 모둠 활동 중에 학생들 간의 상호 작용을 통해 더 효과적으로 개발할 수 있다. 현대 물리학의 원리가 적용된 과학기술의 응용사례를 조사하고 발표 및 보고서 작성을 하도록 하여 관련 지식의 이해뿐만 아니라 인간이 과학에 미치는 영향 및 과학이 인간 생활에 미치는 영향을 이해하여 과학자 및 이공계 분야 직업인으로

서 필요한 책임감, 윤리 의식을 가질 수 있게 한다. 강의, 토론, 실험, 조사, 견학, 과제 연구 등의 다양한 교수·학습 방법을 물리 내용과 학생들의 준비 수준에 맞게 적절히 사용한다. 개방적 질문이나 문제 제기를 통해 학생의 고차원적인 사고를 개발하도록 한다. 이를 바탕으로 한 '고급 물리학'의 세부적인 교수·학습 방향은 다음과 같다.

(1) 학생의 능력 및 학교의 실정에 따라 주제를 선택, 재구성하여 교수 계획을 수립한다.
(2) 학생의 기호에 따라 몇 개의 주제를 선정하고, 팀별로 학습 주제를 선택하여 탐구하고 발표하도록 하며, 교사는 학습 안내자의 역할을 한다.
(3) 학생 수준이나 능력에 따라 교과 내용보다 높은 수준을 학습할 수 있도록 다양한 자료를 제공한다.
(4) 학교의 실정에 따라 자료를 준비하기 어렵거나 탐구 활동이 어려운 경우에는 교육과정의 목표에 부합하는 자료나 활동으로 대체할 수 있다.
(5) 선행 학습과의 연계성을 고려하여 필요 없는 중복 학습이나 학습 내용의 비약이 없도록 하고, 특히 삼각 함수, 미적분 등 수학과의 학습 내용을 고려하여 지도한다.
(6) 각 주제와 관련된 탐구 과제를 학생 스스로 수행하도록 함으로써 다양한 탐구 과정을 체득하고, 과학자의 연구 과정을 이해하도록 한다.
(7) 학생이 스스로 탐구하여 발견의 기쁨을 체험함으로써 자발적인 탐구 의욕을 가질 수 있도록 한다.
(8) 첨단 물리학 연구의 다양한 분야를 체험할 수 있도록 지도한다.
(9) 일방적인 강의보다는 토의를 통한 학습이나 학생의 연구 결과를 발표하도록 한다.

나. 평가 방향

'고급 물리학'의 평가는 기본 개념의 이해, 과학의 탐구 능력, 과학적 태도, 과학과 핵심역량 등을 균형 있게 평가하며, 특히 다음 사항에 주안점을 둔다.

(1) 물리학의 기본 개념에 대해 통합적이고 유기적으로 이해하고 있는지를 평가한다.
(2) 이해하고 있는 개념을 이용하여 학습상황과 다른 형태의 문제를 해결하는 능력을 평가한다.
(3) 주어진 문제 상황에서 주어진 자료를 바탕으로 이를 해결하는 문제 해결력뿐만 아니라, 문제를 해결하는 과정에서 발휘되는 창의성도 평가한다.
(4) 문제를 인식하고, 인식된 문제를 해결하기 위한 가설 설정, 탐구 설계, 탐구 수행, 결론 도출에 이르는 과학적 탐구 능력과 탐구 수행 과정에서 필요한 조작 능력을 함께 평가한다.
(5) 과학에 대한 호기심과 흥미, 과학 학습에 대한 적극성, 타인의 의견에 대한 개방성, 타인과의 협

동성과 같은 과학적 태도 등의 정의적 영역을 함께 평가한다.

(6) 평가 방법은 크게 지필 평가(객관식 및 단답형, 서술·논술형), 보고서 평가(실험 보고서, 관찰 보고서, 조사·연구 보고서), 관찰 평가(체크리스트, 평정 척도, 상호 평가, 자기 평가), 포트폴리오 평가 등을 활용할 수 있다. 특히 평가가 교사만의 독점물이라는 생각에서 벗어나 학생들이 서로를 평가하는 동료 평가를 활용한다.

(7) 평가는 평가하려는 영역에 따라 가장 적절한 방법을 선택하여 이루어져야 하며, 필요한 경우 두 가지 이상의 방법을 함께 사용할 수 있다. 예를 들어 인지적 능력을 평가하기 위해서는 전통적인 지필 평가를 중심으로 하고, 보고서 평가를 보충하여 사용할 수 있으며, 탐구 능력을 평가하기 위해서는 보고서 평가와 관찰 평가 등을 사용할 수 있다. 창의성 평가의 경우에는 체크리스트나 포트폴리오 평가를 주로 활용할 수 있다.

(8) 평가 기준을 사전에 구체적으로 제시하고 평가하여, 학생이 그 결과를 활용할 수 있도록 한다.

(9) 평가는 설정된 성취 기준에 근거하여 실시하고, 그 결과를 학습 지도 계획의 수립, 지도 방법의 개선 등에 활용한다.

(10) 평가 결과는 학생들의 과학 관련 진로 지도에 활용한다.

고급 화학

1. 성격

'고급 화학'은 '통합과학'을 이수한 과학 계열 고등학교 학생이나 일반계 고등학교에서 과학 과목 중점 교육과정을 이수하는 학생을 대상으로, 심화된 화학 개념과 탐구 원리를 통해 물질의 구조, 성질, 그리고 변화에 대한 체계적 이해를 도모하여, 일상생활의 문제뿐만 아니라 장차 자연과학과 공학 분야에서 물질에 대한 탐구를 과학적으로 수행하는 능력을 기르기 위한 과목이다.

'고급 화학'은 '통합과학', '화학Ⅰ, Ⅱ', '화학 실험'에 포함된 화학 개념과 긴밀한 연계를 가질 수 있도록 구성한다.

'고급 화학'의 내용은 원자 오비탈이 화학 결합을 통해 분자 오비탈을 형성하는 것으로 물질의 구조와 성질을 설명하고, 물질의 세 가지 상태와 용액의 특성을 다루며, 물질이 변화할 때 에너지의 출입을 엔탈피로 설명하며, 변화의 자발성을 깁스 자유 에너지의 변화로 설명한다. 또한 자발적 변화가 궁극적으로 도달하는 화학 평형을 깁스 자유 에너지로 설명하며 산염기 평형에 적용해본다. 또한 산화·환원 반응의 원리를 화학 전지와 전해 전지에 적용하고, 화학 반응 속도에 영향을 주는 요인들을 다룬다.

'고급 화학'에서는 다양한 탐구 중심의 학습이 이루어지도록 한다. 또한 기본 개념의 통합적인 이해 및 과학의 탐구 경험을 통하여 과학적 사고력, 과학적 탐구 능력, 과학적 문제 해결력, 과학적 의사소통 능력, 과학적 참여와 평생 학습 능력 등의 과학과 핵심역량을 함양하도록 한다.

과학적 사고력은 과학적 주장과 증거의 관계를 탐색하는 과정에서 필요한 사고이다. 과학적 세계관 및 자연관, 과학의 지식과 방법, 과학적인 증거와 이론을 토대로 합리적이고 논리적으로 추론하는 능력, 추리 과정과 논증에 대해 비판적으로 고찰하는 능력, 다양하고 독창적인 아이디어를 산출하는 능력 등을 포함한다.

과학적 탐구 능력은 과학적 문제 해결을 위해 실험, 조사, 토론 등 다양한 방법으로 증거를 수집, 해석, 평가하여 새로운 과학 지식을 얻거나 의미를 구성해 가는 능력을 말한다. 과학적 탐구를 위해서는 과학 탐구 기능과 지식을 통합하여 적용하고 활용하는 능력이 필요하며 과학적 사고력이 이 과정에 기초가 된다.

과학적 문제 해결력은 과학적 지식과 과학적 사고를 활용하여 개인적 혹은 공적 문제를 해결하는 능력이다. 일상생활의 문제를 해결하기 위해 문제와 관련 있는 과학적 사실, 원리, 개념 등의 지식을 생각해 내고 활용하며 다양한 정보와 자료를 수집, 분석, 평가, 선택, 조직하여 가능한 해결 방안을 제시하고 실행하는 능력이 필요하다. 문제 해결력은 문제 해결 과정에 대한 반성적 사고 능력과 문제 해결 과정에서의 합리적 의사 결정 능력도 포함한다.

과학적 의사소통 능력은 과학적 문제 해결 과정과 결과를 공동체 내에서 공유하고 발전시키기 위해 자신의 생각을 주장하고 타인의 생각을 이해하며 조정하는 능력을 말한다. 말, 글, 그림, 기호 등 다양한 양식의 의사소통 방법과 컴퓨터, 시청각 기기 등 다양한 매체를 통하여 제시되는 과학기술 정보를 이해하고 표현하는 능력, 증거에 근거하여 논증 활동을 하는 능력 등을 포함한다.

과학적 참여와 평생 학습 능력은 사회에서 공동체의 일원으로 합리적이고 책임 있게 행동하기 위해 과학기술의 사회적 문제에 대한 관심을 가지고 의사 결정 과정에 참여하며 새로운 과학기술 환경에 적응하기 위해 스스로 지속적으로 학습해 나가는 능력을 가리킨다.

2. 목표

'고급 화학'은 물질의 거시적 현상을 원자, 분자, 이온의 입자적 행동으로 설명하며, 물질의 구조, 성질, 그리고 변화에 대한 심화된 개념과 원리를 이해하고 적용하는 능력을 길러 화학 관련 분야를 전공하는데 기초가 되는 과학적 소양을 기르고자 한다.

가. 물질 현상에 대한 호기심과 흥미를 갖고, 문제를 과학적으로 해결하려는 태도를 기른다.
나. 물질 현상과 일상생활의 문제를 과학적으로 탐구하는 능력을 기른다.
다. 물질 현상을 탐구하여 과학의 핵심 개념을 이해한다.
라. 과학과 기술 및 사회의 상호 관계를 인식하고, 이를 바탕으로 민주 시민으로서의 소양을 기른다.
마. 화학 학습의 즐거움과 과학의 유용성을 인식하여 평생 학습 능력을 기른다.

3. 내용 체계

가. 내용 체계

영역	핵심 개념	일반화된 지식	내용 요소 고급 화학	기능
물질의 구조	원자 오비탈	원자의 구성 입자인 전자는 오비탈 이론으로 위치와 에너지 준위를 설명한다.	• 수소 원자의 스펙트럼 • 현대적 원자 모형 • 원자 오비탈 • 유효 핵전하량 • 에너지 준위 • 오비탈 전자 배치 • 원자가 전자 • 원소의 주기적 성질	• 문제 인식 • 탐구 설계와 수행 • 자료의 수집·분석 및 해석 • 수학적 사고와 컴퓨터 활용 • 모형의 개발과 사용 • 증거에 기초한 토론과 논증 • 결론 도출 및 평가 • 의사소통
	화학 결합	원자는 다양한 화학 결합을 하여 물질을 구성한다.	• 원자가 결합 이론 • 공유 결합 • 이온 결합 • 결합 엔탈피 • 루이스 구조 • 형식 전하와 공명 • 쌍극자 모멘트 • 전기 음성도 • 결합의 극성	
	분자 오비탈	원자 오비탈은 화학 결합으로 분자 오비탈을 형성한다.	• 분자 오비탈 • 혼성 오비탈과 분자 구조 • 전이 금속 • 배위 화합물 • 결정장 모형	
	분자 구조와 성질	분자의 구조가 분자의 성질을 결정한다.	• 구조식 • 탄화수소의 구조와 성질 • 방향족의 구조와 성질	
물질의 상태와 용액	몰과 화학식량	화학식량은 평균 원자량을 이용하여 몰 질량으로 나타낸다.	• 유효숫자 • 과학적 표기법 • 유효숫자를 이용한 계산 • 국제 표준 단위 • 과학적 표기법 • 몰	

영역	핵심 개념	일반화된 지식	내용 요소 고급 화학	기능
			• 원자 번호 • 질량수 • 동위 원소 • 몰 질량 • 평균 원자량 • 화학식량 • 실험식 • 분자량 • 화학 반응식의 양적 관계	
	기체	기체의 성질은 이상 기체 방정식으로 설명할 수 있다.	• 기체 분자 운동론 • 기체의 속력 분포 • 이상 기체 방정식 • 실제 기체의 반데르발스 식 • 몰 분율 • 부분 압력의 법칙	
	액체	액체는 분자 간 인력이 작을수록 증기압이 작아진다.	• 분자 간 상호 작용 • 액체의 증기압 • 끓는점 • 표면 장력 • 모세관 현상	
	고체	고체는 다양한 결정 구조를 이룬다.	• 고체 결정의 종류 • 금속 결정의 구조 • 이온 결정의 구조	
	용액	균일 혼합물인 용액은 용질의 종류와 농도에 따라 성질이 달라진다.	• 용액의 농도 • 용해도를 좌우하는 요인 • 증기 압력 내림, 끓는점 오름	
물질의 변화와 에너지	반응 엔탈피	일정한 압력 조건에서 화학 반응이 일어날 때 계가 흡수하는 열을 반응 엔탈피라고 한다.	• 반응열 • 열량계 • 내부 에너지 • 열 • 일 • 에너지 보존 법칙 • 상태 함수 • 엔탈피 • 반응 엔탈피 • 생성 엔탈피 • 헤스 법칙	

영역	핵심 개념	일반화된 지식	내용 요소 고급 화학	기능
	반응의 자발성	자발적인 반응은 계의 깁스 자유 에너지가 최소가 되는 변화이다.	• 자발성 • 엔트로피 • 절대 엔트로피 • 깁스 자유 에너지 • 계의 안정성	
화학 평형	화학 평형의 원리	가역 반응이 화학 평형에 도달하면 계의 깁스 자유 에너지가 최소가 되는 동적 평형 상태가 된다.	• 가역 반응 • 동적 평형 • 질량 작용의 법칙 • 평형 상수 • 깁스 자유 에너지와 화학 평형 • 평형의 이동 • 평형 상수의 온도 의존성 • 상평형 • 용해도 평형 • 용해도곱 상수	
	산염기 평형	산과 염기는 이온화 평형을 이루며 고유의 성질을 나타낸다.	• 산과 염기의 정의 • 물의 자동 이온화 평형 • pH • 짝산, 짝염기 • 산과 염기의 세기 • 완충 용액 • 염의 가수 분해 • 중화 반응 • 중화 적정	
전기 화학	산화·환원 반응	물질은 전자를 주고받는 산화·환원 반응을 하기도 한다.	• 산화수 • 산화·환원 반응식의 계수 맞추기 • 산화제 • 환원제	
	화학 전지	산화·환원 반응을 이용하여 화학 에너지를 전기 에너지로 전환시키는 장치를 화학 전지라고 한다.	• 갈바니 전지 • 표준 환원 전지 • 기전력 • 전지 전위와 깁스 자유 에너지 • 농도의 영향과 네른스트 식 • 실용 전지	
	전해 전지	계에 전기 에너지를 공급하여 비자발적인 산화·환원 반응을 일으키는 장치를 전해 전지라고 한다.	• 전기 분해의 원리 • 전기 분해의 양적 관계	

영역	핵심 개념	일반화된 지식	내용 요소 고급 화학	기능
반응 속도	반응 속도식	화학 반응의 빠르기는 물질의 농도에 의존하며 반응 속도식으로 나타낸다.	• 반응 속도의 의미 • 반응 속도의 농도 의존도 • 반응 속도식 • 적분 속도식 • 반감기	
	반응 메커니즘과 촉매	화학 반응이 실제로 일어나는 과정을 반응 메커니즘이라고 하며, 촉매는 반응 메커니즘을 변화시켜 반응 속도에 영향을 준다.	• 반응 메커니즘 • 반응 속도 결정 단계 • 촉매	
	충돌 모형	화학 반응이 일어나는 과정을 충돌 모형으로 설명하며, 온도가 높을수록 유효 충돌이 많아지며 반응 속도가 빨라진다.	• 반응 속도의 온도 의존성 • 활성화 에너지 • 유효 충돌	

나. 성취기준

(1) 물질의 구조

이 단원에서는 물질을 입자적 관점에서 이해하여 물질세계에 대한 호기심과 흥미를 갖도록 하며, 물질의 구조를 통하여 물질의 성질을 해석하는 태도를 가지도록 한다. 물질의 기본 구성 입자인 원자의 현대적 모형에 근거하여 원자 오비탈의 개념과 원소의 주기적 성질을 설명하고, 화학 결합의 원리를 다양한 수준에서 해석하며, 간단한 탄소 화합물을 중심으로 물질의 구조에 근거하여 물질의 성질을 설명할 수 있도록 한다.

[12고화01-01] 보어 모형을 이용하여 수소의 선 스펙트럼을 해석하고 수소 원자의 에너지 준위를 계산할 수 있다.

[12고화01-02] 물질파와 불확정성의 원리를 이용해 현대적 원자 모형의 특징을 설명할 수 있다.

[12고화01-03] 오비탈의 종류별 파동 함수, 확률 밀도 함수, 확률 분포 함수를 그리고 마디와 에너지 준위를 관계를 설명할 수 있다.

[12고화01-04] 기체 방전관 실험을 통해 다전자 원자의 선 스펙트럼을 관찰하고 수소 원자와의 차이를 설명할 수 있다.

[12고화01-05] 다전자 원자에서 각 오비탈의 유효 핵전하량이 차이가 나는 이유를 설명할 수 있다.

[12고화01-06] 배타 원리와 훈트 규칙을 적용하여 다전자 원자의 바닥 상태 전자 배치를 오비탈 기호로 나타낼 수 있다.

[12고화01-07] 현대적 주기율표의 구조를 오비탈 전자 배치와 연관 지어 설명할 수 있고, 주기율표의 원소들을 금속, 비금속, 준금속으로 분류할 수 있다.

[12고화01-08] 주기율표에서 원자가 전자의 수, 유효 핵전하량, 원자 반지름, 이온화 에너지, 전자 친화도, 전기 음성도 등의 주기성을 설명할 수 있다.

[12고화01-09] 18족 기체의 전자 배치를 이용하여 옥텟 규칙을 설명하고, 원자가 결합 이론으로 화학 결합을 설명할 수 있다.

[12고화01-10] 화학 결합이 전자의 공유나 이동에 의해 일어나는 원리를 설명할 수 있다.

[12고화01-11] 결합의 쌍극자 모멘트를 이용하여 결합의 종류를 구별할 수 있다.

[12고화01-12] 원자가 전자를 이용하여 2, 3주기 원소를 중심 원자로 가지는 분자 또는 이온의 루이스 구조식을 그리고, 형식 전하와 공명 관계를 설명할 수 있다.

[12고화01-13] 공유 결합 형성 과정에서 원자 사이의 거리에 따른 엔탈피 변화를 설명하고, 결합 길이와 결합 엔탈피를 설명할 수 있다.

[12고화01-14] 2주기 원소의 수소 화합물의 분자 모양을 sp, sp2, sp3 혼성 오비탈로 설명할 수 있다.

[12고화01-15] 이온 결합의 형성 원리와 격자 에너지를 본-하버(Born-Haber) 회로를 이용하여 설명할 수 있다.

[12고화01-16] 전이 금속의 d 오비탈을 이용한 배위 결합의 형성 원리와 착화합물의 구조를 루이스 구조식으로 나타내고 결정장 이론을 이용하여 색을 나타내는 원리를 설명할 수 있다.

[12고화01-17] 원자 오비탈의 상호 작용에 의한 분자 오비탈의 결합 오비탈과 반결합 오비탈의 형성 원리와 에너지 준위를 설명할 수 있다.

[12고화01-18] 분자 오비탈을 형성하는 원자 오비탈의 종류에 따라 시그마 오비탈과 파이 오비탈이 형성되는 원리를 설명하고, 에너지 준위를 비교할 수 있다.

[12고화01-19] 2주기 홑원소 물질의 분자 오비탈을 그릴 수 있다.

[12고화01-20] 띠 이론을 이용하여 금속 결합의 특징을 설명하고, 고체, 반도체, 부도체를 구분할 수 있다.

[12고화01-21] 여러 가지 탄화수소의 루이스 구조를 그리고 중심 원자의 혼성 오비탈과 각 결합의 분자 오비탈 이름을 말할 수 있다.

[12고화01-22] 탄소 화합물이 다양한 이유를 설명할 수 있고, 구조식을 그려 특징을 설명할 수 있다.

[12고화01-23] 탄소수가 6개까지의 포화 탄화수소의 구조식을 그리고 구조 이성질체를 구별할 수 있다.

[12고화01-24] 포화 탄화수소가 반응성이 낮고 치환 반응을 주로 하는 이유를 결합의 극성, 결합 엔탈피, 분자 오비탈의 성격 등으로 설명할 수 있다.

[12고화01-25] 에틸렌과 아세틸렌의 구조식을 그리고 기하 이성질체를 구별하며, 불포화 탄화수소가 첨가 반응을 주로 하는 원리를 분자 오비탈의 성격과 결합 엔탈피로 설명할 수 있다.

[12고화01-26] 탄화수소 유도체의 작용기에서 전기 음성도차에 의한 결합의 극성과 전자 분포를 설명할 수 있다.

[12고화01-27] 탄화수소 유도체의 작용기에 따를 화학 반응성을 설명할 수 있다.

[12고화01-28] 간단한 컨쥬게이션 분자와 벤젠과 같은 방향족의 구조식을 그리고, 분자 오비탈로 방향족의 안정성을 설명할 수 있다.

(2) 물질의 성질

이 단원에서는 화학에서 가장 기본적 물리량인 원자량과 몰의 개념을 도입하여 정량적 데이터를 취급하는 원칙을 익혀 과학적 태도를 기르도록 한다. 여러 가지 화학식량과 화학 반응식의 양적 관계와 고체·액체·기체 상태의 정성적·정량적 특성을 이해하고, 용해의 원리와 용액의 농도 및 물리적 특성을 이해할 수 있도록 한다.

[12고화02-01] 질량을 중심으로 측정의 도구에 따른 측정된 값의 유효숫자를 구분하고 셀 수 있다.
[12고화02-02] 유효숫자를 과학적 표기법으로 나타낼 수 있다.
[12고화02-03] 유효숫자를 이용한 계산 결과를 유효숫자 처리 규칙에 맞게 나타낼 수 있다.
[12고화02-04] 국제 표준 단위를 열거하고, 복합 단위와 관용 단위를 표준 단위로 나타낼 수 있다.
[12고화02-05] 과학적 표기법과 단위로 물리량을 명확히 나타낼 수 있다.
[12고화02-06] 아보가드로 수와 몰의 의미를 설명할 수 있다.
[12고화02-07] 원자의 구성 입자로 원자 번호와 질량수를 설명할 수 있다.
[12고화02-08] 같은 원자 번호를 가지는 동위 원소들의 예를 들 수 있다.
[12고화02-09] 원자의 몰 질량과 원자량의 관계를 설명할 수 있다.
[12고화02-10] 동위 원소의 존재비를 고려한 평균 원자량을 계산할 수 있다.
[12고화02-11] 평균 원자량으로 분자나 이온 화합물의 화학식량을 구할 수 있다.
[12고화02-12] 원소 분석을 통하여 화합물의 실험식을 구할 수 있다.
[12고화02-13] 실험식과 분자식의 관계를 이용하여 분자량을 구할 수 있다.
[12고화02-14] 물질의 변화를 화학 반응식으로 나타내고, 반응물과 생성물의 양적 관계를설명할 수 있다.
[12고화02-15] 기체 분자의 운동의 특징과 온도에 따른 기체 분자의 속력 분포 변화를 설명할 수 있다.
[12고화02-16] 기체의 온도, 압력, 부피 사이의 관계를 기체 분자 운동론으로 설명하고, 이상 기체 방정식으로 양적 관계 문제를 해결할 수 있다.
[12고화02-17] 기체 상수를 다양한 단위로 나타내고 그 의미를 설명할 수 있다.
[12고화02-18] 실제 기체가 이상 기체와 차이를 설명하고, 이상 기체 방정식의 한계를 실제 기체의 반데르발스 방정식이 어떻게 보완하는지 설명할 수 있다.
[12고화02-19] 혼합 기체에서 성분 기체의 분압을 몰 분율을 사용하여 구할 수 있다.
[12고화02-20] 여러 가지 분자 간 상호 작용의 원리를 설명할 수 있다.
[12고화02-21] 액체의 증발 현상을 설명하고, 증기압의 의미를 동적 평형으로 설명할 수 있다.
[12고화02-22] 여러 가지 액체의 증기압을 측정하고, 온도와 물질의 종류에 따른 증기압의 변화를 분자 간 상호 작용으로 설명할 수 있다.
[12고화02-23] 증발과 끓음의 차이를 설명하고 끓는점을 정의할 수 있다.
[12고화02-24] 액체의 끓는점으로 분자 간 상호 작용의 크기를 비교할 수 있다.
[12고화02-25] 액체의 표면 장력과 모세관 현상을 분자 간 상호 작용으로 설명할 수 있다.
[12고화02-26] 물의 다양한 성질을 물 분자 구조와 수소 결합으로 설명할 수 있다.

[12고화02-27] 물의 성질과 관련된 자연 현상 및 생명 현상을 설명할 수 있다.
[12고화02-28] 고체의 종류와 특징을 설명할 수 있다.
[12고화02-29] 금속 결정 모형을 만들고 결정 구조의 특징을 단위세포의 개념으로 설명할 수 있다.
[12고화02-30] 다양한 이온 결정의 특징을 설명할 수 있고, 이온 결정 모형을 이용하여 이온 결정의 화학식을 구할 수 있다.
[12고화02-31] 화학에서 액체의 부피를 측정하는 도구들의 특징과 용도를 설명할 수 있고, 요구되는 측정의 정밀도에 따라 알맞은 측정 도구를 선택하여 올바르게 사용할 수 있다.
[12고화02-32] 용액의 농도를 퍼센트 농도, 몰 농도, 몰랄 농도로 나타낼 수 있다.
[12고화02-33] 다양한 농도의 용액을 제조할 수 있다.
[12고화02-34] 주어진 용액의 농도를 다양한 단위로 변환할 수 있다.
[12고화02-35] 진한 용액을 묽은 농도의 용액으로 희석할 수 있다.
[12고화02-36] 용해 현상을 동적 평형으로 설명하고 용해도를 정의할 수 있다.
[12고화02-37] 용해도를 좌우하는 요인을 분자 간 상호 작용, 온도 등으로 설명할 수 있다.
[12고화02-38] 묽은 용액에서 증기 압력 내림을 끓는점 오름 실험을 통해 확인할 수 있다.

(3) 물질의 변화와 에너지

이 단원에서는 화학 반응에서 물질의 변화와 더불어 수반되는 에너지의 출입을 이해함으로써 물질과 에너지의 소중함을 깨닫도록 한다. 에너지 보존의 법칙에 근거하여 엔탈피의 개념을 이해하고, 화학계에서 자발적 변화의 방향을 깁스 자유 에너지의 변화로 설명할 수 있도록 한다.

[12고화03-01] 화학 반응을 통해 열이 출입하는 것을 실험을 통해 확인하고, 반응열을 열량계로 측정할 수 있다.
[12고화03-02] 화학 반응계의 종류를 설명할 수 있다.
[12고화03-03] 계의 내부 에너지의 구성 요소를 설명하고, 내부 에너지의 크기를 비교할 수 있다.
[12고화03-04] 자연에서 일어나는 발열 반응과 흡열 반응의 예를 들고, 에너지의 전환과 이동을 설명할 수 있다.
[12고화03-05] 계의 부피 변화에 의한 일을 계산할 수 있다.
[12고화03-06] 계의 내부 에너지 변화를 열과 일로 나타내고, 에너지 보존 법칙을 설명할 수 있다.
[12고화03-07] 화학 반응에서 표준 상태를 정의할 수 있다.
[12고화03-08] 엔탈피 개념을 이해하고, 엔탈피 변화와 열과의 관계를 설명할 수 있다.
[12고화03-09] 화학 반응에서 반응 엔탈피의 중요성을 설명할 수 있다.
[12고화03-10] 생성 엔탈피를 이용하여 헤스 법칙으로 미지 반응의 엔탈피를 계산할 수 있다.
[12고화03-11] 자발적 반응의 예를 들 수 있다.
[12고화03-12] 자유 팽창이 일어나는 이유를 설명할 수 있다.

[12고화03-13] 고립계에서 일어나는 자발적 변화의 방향을 엔트로피 증가의 법칙으로 설명할 수 있다.
[12고화03-14] 엔트로피의 의미를 미시적 상태수로 설명할 수 있다.
[12고화03-15] 엔트로피의 변화를 가역적 열의 출입으로 계산할 수 있다.
[12고화03-16] 열의 이동과 미시적 상태수의 변화를 연결하여 엔트로피 증감을 설명할 수 있다.
[12고화03-17] 절대 엔트로피 값을 이용하여 계의 엔트로피 변화를 계산할 수 있다.
[12고화03-18] 주위의 엔트로피 변화를 구하기 위해 반응 엔탈피를 이용하는 이유를 설명하고 엔트로피 변화를 계산할 수 있다.
[12고화03-19] 엔트로피 증가의 법칙으로 깁스 자유 에너지 변화량을 구하는 식을 유도할 수 있다.
[12고화03-20] 깁스 자유 에너지 변화량과 우주 엔트로피 변화량의 관계를 설명할 수 있다.
[12고화03-21] 일정 압력, 일정 온도에서 자발적 변화는 계의 깁스 자유 에너지가 감소하는 방향으로 일어남을 설명할 수 있다.
[12고화03-22] 계의 깁스 자유 에너지가 작을수록 계의 안정성이 증가하는 이유를 설명할 수 있다.
[12고화03-23] 온도에 따라 자발적 변화의 방향이 달라질 수 있음을 설명하고, 이를 통해 온도에 따른 물질의 상태 변화 방향을 예측할 수 있다.

(4) 화학 평형

이 단원에서는 가역 반응이 자발적으로 평형에 도달하는 과정과 평형 상태의 특성을 이해하고, 평형 상수를 질량 작용의 법칙과 깁스 자유 에너지로 설명하며, 평형 이동의 원리를 르샤틀리에 원리와 깁스 자유 에너지 변화로 설명하며 상평형과 용해 평형에 적용할 수 있도록 한다.

[12고화04-01] 가역 반응과 비가역 반응을 구분할 수 있다.
[12고화04-02] 가역 반응의 동적 평형 상태를 설명할 수 있고, 화학 평형 상태에서 계의 깁스 자유 에너지가 최소가 되는 이유를 설명할 수 있다.
[12고화04-03] 질량 작용의 법칙으로 화학 평형 상수를 구할 수 있고, 주어진 조건에서 반응 지수와 평형 상수를 비교하여 반응의 진행 방향을 예측할 수 있다.
[12고화04-04] 비평형 상태의 반응 지수로 계의 깁스 자유 에너지를 나타내고, 반응의 진행 방향을 설명할 수 있다.
[12고화04-05] 표준 깁스 자유 에너지 변화량으로 평형 상수를 구하고, 평형 상수와 수득률의 관계를 설명할 수 있다.
[12고화04-06] 온도와 평형 상수의 관계를 깁스 자유 에너지로 나타낼 수 있다.
[12고화04-07] 농도, 압력, 온도가 변함에 따라 화학 평형이 이동하는 것을 관찰하고, 이를 르샤틀리에 원리로 설명할 수 있다.
[12고화04-08] 고체, 액체, 기체 사이의 동적 평형에서 증기압의 역할을 설명하고, 온도와 압력에 따른 물질의 상평형 그림을 그릴 수 있다.

[12고화04-09] 용해 평형에서 용해도와 용해도곱이 평형 상수와 어떤 관계를 가지는지 설명하고, 온도와 압력에 따른 용해도의 증감을 예측할 수 있다.
[12고화04-10] 산과 염기에 대한 아레니우스, 브뢴스테드-로리, 루이스 정의를 설명할 수 있다.
[12고화04-11] 여러 가지 산과 염기의 이온화 반응식을 쓰고 이온화 평형 상수 식을 쓸 수 있으며, 이온화 평형 상수의 의미를 설명할 수 있다.
[12고화04-12] 여러 가지 산·염기 반응에서 짝산과 짝염기 관계를 설명할 수 있으며 서로의 상대적 세기를 비교하고 설명할 수 있다.
[12고화04-13] 물의 자동 이온화 평형 상수 식을 이용하여 표준 상태에서 pH를 구할 수 있다.
[12고화04-14] 산·염기의 이온화 평형과 물의 자동 이온화 평형의 경쟁 관계로 수용액에서 산과 염기의 세기를 설명하고 비교할 수 있다.
[12고화04-15] 핸더슨-하셀바흐 식을 유도하고, 그것을 이용하여 산의 수용액 pH를 계산할 수 있다.
[12고화04-16] 완충 용액의 원리를 설명하고 pH를 계산할 수 있다.
[12고화04-17] 염의 가수 분해 결과를 산·염기 평형으로 설명할 수 있다.
[12고화04-18] 중화 반응의 양적 관계를 설명하고, 중화 적정을 수행하여 미지 산의 농도를 구할 수 있다.

(5) 전기 화학

이 단원에서는 산화·환원의 개념을 도입하여 산화·환원 반응식을 해석하고, 화학 전지의 표준 전지 전위로 화학 전지의 전위차를 나타내도록 한다. 깁스 자유 에너지로 화학 전지의 원리를 설명하고, 전기 분해의 원리와 전하량과 생성물의 양적 관계를 이해할 수 있도록 한다.

[12고화05-01] 전자의 이동으로 산화와 환원 반응을 설명할 수 있다.
[12고화05-02] 전기 음성도 차이를 이용하여 분자를 이루는 원자들의 산화수를 계산하고, 산화수의 변화를 이용하여 산화와 환원 반응을 설명할 수 있다.
[12고화05-03] 산화·환원 반응식의 계수를 맞출 수 있다.
[12고화05-04] 산화·환원 반응식에서 산화제와 환원제를 구별할 수 있다.
[12고화05-05] 강한 산화제와 강한 환원제의 특징을 설명할 수 있다.
[12고화05-06] 볼타 전지와 다니엘 전지를 제작하고, 각 전지에서 일어나는 산화·환원 반응을 반쪽 반응식과 전체 반응식으로 나타낼 수 있다.
[12고화05-07] 화학 전지의 원리를 산화·환원 반응의 자발성으로 설명할 수 있다.
[12고화05-08] 수소 전극을 기준으로 구한 표준 환원 전위로 여러 가지 물질의 산화·환원 반응의 반응성을 상대적으로 비교할 수 있다.
[12고화05-09] 화학 전지의 전위차를 각 전극의 표준 환원 전위로 구할 수 있다.
[12고화05-10] 표준 전지 전위차와 깁스 자유 에너지의 관계로 화학 전지의 원리를 설명할 수 있다.
[12고화05-11] 여러 가지 실용 전지와 수소 연료 전지의 원리와 특징을 설명할 수 있다.

[12고화05-12] 전기 분해의 원리를 깁스 자유 에너지로 설명할 수 있다.
[12고화05-13] 전기 분해의 원리를 산화·환원 반응으로 설명하고, 전기량과 생성물의 양 관계를 설명할 수 있다.

(6) 반응 속도

이 단원에서는 반응 속도의 개념을 도입하여 여러 가지 반응의 반응 속도식을 해석하고, 반응 메커니즘을 분석하며 반응 속도에 영향을 주는 요인을 설명할 수 있도록 한다.

[12고화06-01] 실생활에서 빠른 반응과 느린 반응의 예를 들 수 있다.
[12고화06-02] 반응의 빠르기를 좌우하는 물질의 특성을 설명할 수 있다.
[12고화06-03] 화학 반응의 속도가 물질의 농도에 의존함을 설명할 수 있다.
[12고화06-04] 화학 반응의 초기 농도와 초기 속도를 측정하는 실험을 통하여 반응 속도식을 구할 수 있다.
[12고화06-05] 0, 1, 2차 반응의 반응 속도식을 적분법으로 풀어 농도와 시간과의 관계를 나타낼 수 있고, 반감기를 구할 수 있다.
[12고화06-06] 전체 화학 반응식과 반응 메커니즘의 차이를 설명할 수 있다.
[12고화06-07] 반응 메커니즘에서 결합의 변화를 설명할 수 있다.
[12고화06-08] 반응 메커니즘과 반응 속도식으로 반응 속도 결정 단계를 구별할 수 있다.
[12고화06-09] 촉매를 사용하여 반응 속도가 달라지는 것을 실험을 통해 확인하고, 그 이유가 반응 메커니즘이 달라지기 때문임을 설명할 수 있다.
[12고화06-10] 온도에 따른 반응 속도 변화 실험을 수행하고, 반응 속도와 온도의 관계를 설명할 수 있다.
[12고화06-11] 화학 반응이 일어나기 위해 활성화 에너지가 필요한 이유를 설명할 수 있다.
[12고화06-12] 활성화 에너지와 반응 속도의 관계를 설명할 수 있다.
[12고화06-13] 유효 충돌의 의미를 기체 분자의 속력 분포와 연관 지어 설명할 수 있다.
[12고화06-14] 반응 메커니즘이 달라지면 활성화 에너지의 크기가 달라지는 이유를 설명할 수 있다.

4. 교수·학습 및 평가의 방향

가. 교수 · 학습 방향

‘고급 화학’에서는 화학의 기본 개념에 대한 이해와 다양한 탐구 중심의 학습을 통하여 과학적 사고력, 과학적 탐구 능력, 과학적 문제 해결력, 과학적 의사소통 능력, 과학적 참여와 평생 학습 능력

등의 과학과 핵심역량을 함양하도록 지도하며, 특히 다음 사항에 중점을 둔다.

(1) 학습 지도 계획 수립 시 학교의 실정이나 지역의 특성, 학생의 능력, 자료의 준비 가능성 등을 고려하여 학습 내용과 지도의 시기를 조정할 수 있다.
(2) 학생 참여 중심의 수업이 이루어질 수 있도록 강의, 실험, 토의, 조사, 프로젝트, 과제 연구, 과학관 견학과 같은 학교 밖 과학 활동 등의 다양한 교수·학습 방법을 적절히 활용하여 지도한다.
(3) 기초 탐구 과정(관찰, 분류, 측정, 예상, 추리, 의사소통 등)과 통합 탐구 과정(문제 인식, 가설 설정, 변인 통제, 자료 해석, 결론 도출, 일반화 등), 수학적 사고와 컴퓨터 활용, 모형의 개발과 사용, 증거에 기초한 토론과 논증 등의 기능을 학습 내용과 관련시켜 지도한다.
(4) 과학적 창의성을 계발하고 인성과 감성을 함양하기 위하여 화학 내용과 관련된 기술, 공학, 예술, 수학 등의 다른 교과와 통합, 연계하여 지도한다.
(5) 탐구 활동을 모둠 학습으로 할 때에는 과학탐구에서의 상호 협력의 중요함을 인식시키고, 의사소통을 할 때에는 자신의 의견을 명확히 표현하고 다른 사람의 의견을 존중하는 태도를 가지며, 과학적인 근거에 기초하여 탐구 결과를 발표하고, 설득하며, 수용하도록 지도한다.
(6) 화학 및 화학 관련 사회적 쟁점을 활용한 과학 글쓰기와 토론을 통하여 과학적 사고력 및 과학적 의사소통 능력을 함양할 수 있도록 지도한다.
(7) 학생의 지적 호기심과 학습 동기를 유발할 수 있도록 개방형 질문을 제공하고, 또한 화학 이론이 첨단 과학 기술이나 일상생활에 적용된 사례와 화학자 이야기, 과학사, 시사성 있는 화학 내용 등을 활용한다.
(8) 과학의 잠정성, 과학적 방법의 다양성, 과학 윤리, 과학·기술·사회의 상호 관련성, 과학적 모델의 특성 등 과학의 본성과 관련된 내용을 적절한 소재를 활용하여 지도한다.
(9) 학생의 이해를 돕고 흥미를 유발하며 구체적 조작 경험과 활동을 제공하기 위해 모형이나 시청각 자료, 소프트웨어, 컴퓨터나 스마트 기기, 인터넷 등의 최신 정보 통신 기술과 기기 등을 적절히 활용한다.
(10) 학습 내용과 관련된 첨단 과학기술을 다양한 형태의 자료로 제시함으로써 현대 생활에서 첨단 과학이 갖는 가치와 잠재력을 인식하도록 지도한다.
(11) 교사 중심의 확인 실험보다 학생 중심의 탐구 실험이 되도록 하며, 탐구 활동에서 제시된 내용 이외에 다양한 탐구 활동을 수업에서 활용한다.
(12) 실험의 목적과 방법을 이해하고 실험을 수행할 수 있도록 지도하며, 안전사고 예방을 위하여 실험 기구의 사용 방법, 화학 약품을 다룰 때의 주의 사항 및 안전 사항, 안전사고 발생 시 대처 방안을 사전에 지도한다.
(13) 실험 기구나 재료는 수업을 진행하기 전에 미리 점검하고 충분히 준비하되, 환경 보존을 고려하여 필요 이상으로 사용하지 않도록 유의한다.

⒁ 실험 후 발생하는 폐기물은 올바른 방법으로 수거 처리하여 환경을 오염시키지 않도록 한다.

나. 평가 방향

'고급 화학'에서는 화학의 핵심 개념의 이해 및 과학 탐구 학습을 통한 과학과 핵심역량과 과학적 태도를 균형 있게 평가하며, 특히 다음 사항에 주안점을 둔다.

(1) 화학의 핵심 개념을 이해하고 적용하는 능력을 평가한다.
(2) 과학적 사고력, 과학적 탐구 능력, 과학적 문제 해결력, 과학적 의사소통 능력, 과학적 참여와 평생 학습 능력 등과 같은 과학과 핵심역량을 평가한다.
(3) 화학에 대한 흥미와 가치 인식, 과학 학습 참여의 적극성, 협동성, 과학적으로 문제를 해결하는 태도, 창의성 등을 평가한다.
(4) 평가는 선다형, 서술형 및 논술형, 관찰, 보고서 검토, 실기 검사, 면담, 포트폴리오 등의 다양한 방법을 활용한다.
(5) 평가는 창의융합적 문제 해결력 및 인성과 감성 함양에 도움이 되는 소재나 상황들을 적극적으로 발굴하여 활용한다.
(6) 평가는 개별 평가와 더불어 협동심을 함양하기 위한 모둠 평가를 실시한다.
(7) 타당도와 신뢰도가 높은 평가가 될 수 있도록 가능하면 공동으로 평가 도구를 개발하여 활용한다.
(8) 평가는 설정된 성취 기준에 근거하여 실시하고, 그 결과를 학습 지도 계획 수립과 지도 방법 개선, 진로 지도 등에 활용한다.
(9) 평가는 평가 계획 수립, 평가 문항과 도구 개발, 평가의 시행, 평가 결과의 처리, 평가 결과의 활용 등의 절차를 거쳐 실시한다.

고급 생명과학

1. 성격

‘고급 생명과학’은 ‘생명과학Ⅰ’, ‘생명과학Ⅱ’를 통하여 생명 현상 전반에 대한 기초 개념을 습득한 과학 계열 고등학교 학생이나 일반계 고등학교에서 과학 과목 중점 교육과정을 이수하는 학생을 대상으로 한다. 최신의 생명과학을 접하고, 보다 전문적인 생명과학 개념을 분자적 수준에서 통합적으로 이해하며, 관심 있는 생명과학의 주제에 대해 과학적으로 탐구하는 능력을 길러 앞으로의 연구 분야에 생명과학의 지식을 활용할 수 있도록 준비하는 과목이다.

‘고급 생명과학’의 내용은 크게 세포의 에너지, 생물의 조절과 방어, 유전자의 구조와 발현, 생명공학의 기술과 응용의 4개 영역으로 나누어지고, 각 영역은 다시 몇 개의 핵심적인 주제로 구성된다. ‘고급 생명과학’의 내용 수준은 대학의 생명과학 분야 전공과목을 이수하는데 필요한 지식 및 탐구 방법을 습득하도록 구성한다. 전체적으로는 생명과학의 종합적인 학문적 특성을 이해하고 다른 분야의 교과 영역과 어떤 연계성이 있는지를 통합적으로 이해하도록 하여 통섭의 시대, 생명과학의 시대에 대비한 기초 과학 소양을 기를 수 있도록 구성한다.

‘고급 생명과학’에서는 다양한 탐구 중심의 학습이 이루어지도록 한다. 또한 기본 개념의 통합적인 이해 및 과학의 탐구 경험을 통하여 과학적 사고력, 과학적 탐구 능력, 과학적 문제 해결력, 과학적 의사소통 능력, 과학적 참여와 평생 학습 능력 등의 과학과 핵심역량을 함양하도록 한다.

과학적 사고력은 과학적 주장과 증거의 관계를 탐색하는 과정에서 필요한 사고이다. 과학적 세계관 및 자연관, 과학의 지식과 방법, 과학적인 증거와 이론을 토대로 합리적이고 논리적으로 추론하는 능력, 추리 과정과 논증에 대해 비판적으로 고찰하는 능력, 다양하고 독창적인 아이디어를 산출하는 능력 등을 포함한다.

과학적 탐구 능력은 과학적 문제 해결을 위해 실험, 조사, 토론 등 다양한 방법으로 증거를 수집, 해석, 평가하여 새로운 과학 지식을 얻거나 의미를 구성해 가는 능력을 말한다. 과학적 탐구를 위해서는 과학 탐구 기능과 지식을 통합하여 적용하고 활용하는 능력이 필요하며 과학적 사고력이 이 과정에 기초가 된다.

과학적 문제 해결력은 과학적 지식과 과학적 사고를 활용하여 개인적 혹은 공적 문제를 해결하는 능력이다. 일상생활의 문제를 해결하기 위해 문제와 관련 있는 과학적 사실, 원리, 개념 등의 지식을 생각해 내고 활용하며 다양한 정보와 자료를 수집, 분석, 평가, 선택, 조직하여 가능한 해결 방안을 제시하고 실행하는 능력이 필요하다. 문제 해결력은 문제 해결 과정에 대한 반성적 사고 능력과 문제 해결 과정에서의 합리적 의사 결정 능력도 포함한다.

과학적 의사소통 능력은 과학적 문제 해결 과정과 결과를 공동체 내에서 공유하고 발전시키기 위해 자신의 생각을 주장하고 타인의 생각을 이해하며 조정하는 능력을 말한다. 말, 글, 그림, 기호 등 다양한 양식의 의사소통 방법과 컴퓨터, 시청각 기기 등 다양한 매체를 통하여 제시되는 과학기술 정보를 이해하고 표현하는 능력, 증거에 근거하여 논증 활동을 하는 능력 등을 포함한다.

과학적 참여와 평생 학습 능력은 사회에서 공동체의 일원으로 합리적이고 책임 있게 행동하기 위해 과학기술의 사회적 문제에 대한 관심을 가지고 의사 결정 과정에 참여하며 새로운 과학기술 환경에 적응하기 위해 스스로 지속적으로 학습해 나가는 능력을 가리킨다.

2. 목표

생명과학의 통섭적 특성에 대한 이해를 바탕으로 생명에 대한 호기심과 흥미를 제고하고, 진로 선택 교과로서 생명과학 관련 전공으로 진학하는 데 필요한 기초 소양을 기르고 실험 기법을 익히도록 한다. 생명과학의 발달 과정, 세포의 특성, 물질대사, 세포 수준에서 나타나는 생명 현상의 분자적 원리, 생물다양성과 진화, 생명공학과 우리 생활 등을 중심으로 관련 핵심 개념에 대한 이해와 탐구 능력을 함양한다.

가. 생명과학이 통섭적 학문임을 이해한다.
나. 호기심과 흥미를 바탕으로 한 창의적인 과학적 문제 해결력을 함양한다.
다. 생명 현상의 핵심 원리인 유전자의 발현과 조절을 분자 수준에서 이해한다.
라. 생체에너지 생산 메커니즘의 심화 개념을 이해한다.
마. 생물의 조절과 방어 메커니즘의 심화 개념을 이해한다.
바. 생명공학 기술의 발달 과정과 우리 생활 속에서의 활용을 이해한다.

3. 내용 체계

가. 내용 체계

영역	핵심 개념	일반화된 지식	내용 요소 고급 생명과학	기능
세포의 에너지	세포의 구성 분자	세포의 구성 분자의 화학적 구조와 특성을 이해한다.	• 탄수화물·지질·단백질·핵산의 화학적 구조와 특성	• 문제 인식 • 탐구 설계와 수행 • 자료의 수집·분석 및 해석 • 수학적 사고와 컴퓨터 활용 • 모형의 개발과 사용 • 증거에 기초한 토론과 논증 • 결론 도출 및 평가 • 의사소통
	광합성	광합성의 생화학적 메커니즘을 이해한다.	• 광합성의 원료와 생성물 • 엽록체의 미세 구조 • 전자 전달계와 ATP 합성 • 암반응 과정 • C4 식물과 CAM 식물의 환경 적응	
	세포 호흡	세포 호흡 과정을 통해 에너지를 생성하는 과정을 안다.	• 해당 과정 • TCA 회로 • 전자 전달계와 ATP 합성 • 탄수화물, 지방, 단백질의 산화 물질 생합성 • 세포의 에너지 이용 • 호흡과 발효	
생물의 조절과 방어	신경에 의한 조절	신경의 흥분 전도와 전달 과정을 이해한다.	• 신경 세포의 구조 • 신경 세포의 막 전위 변화 • 전도와 전달 • 시냅스와 신경 전달 물질 • 학습과 기억의 원리	
	화학적 조절	화학물질에 의한 몸의 조절 작용을 이해한다.	• 신호 전달과 조절 방식 • 동·식물 호르몬의 종류와 기능 • 호르몬의 작용 메커니즘 • 식물의 광주기성	
	병원체와 방어 작용	질병에 대한 우리 몸의 방어 작용을 이해한다.	• 질병과 병원체 • 림프구의 종류와 기능 • 비특이적 방어 작용 • 특이적 방어 작용 • 면역과 암 • 면역의 응용 • 단일 항체 • 식물의 방어 작용	

영역	핵심 개념	일반화된 지식	내용 요소 고급 생명과학	기능
유전자의 구조와 발현	염색체	염색체의 구성과 역할을 안다.	• 세포 분열과 염색체의 행동 • 세포 주기와 세포 분열 조절 • 염색체의 구성과 미세 구조	
	유전자의 구조와 역할	유전자의 구조와 기능을 이해한다.	• 염색체와 유전자의 관계 • 유전체의 구조 • 유전자의 역할 • 핵산의 구조 • 유전 정보의 저장과 복제	
	유전자 발현과 조절	유전자의 발현 과정을 이해한다.	• RNA의 종류와 합성 • 유전 암호의 해독 • 단백질 합성 과정 • 유전자 발현의 조절 • 유전체의 진화	
	발생과 유전자 발현	발생과 분화 과정을 안다.	• 발생과 유전자의 활동 • 형태 형성 • 발생과 유도 작용 • 세포의 분화 • 생장과 노화	
생명 공학의 기술과 응용	생명공학의 기술	생명공학 기술을 이해한다.	• 세포 공학 • 유전 공학 • 유전체의 해독 • 생물 정보학 • 생체 정보와 관련된 생명공학 기술	
	생명공학과 인류의 미래	생명공학과 관련된 윤리적인 문제를 토의할 수 있다.	• 생명공학의 전망 • 생명 윤리	

나. 성취기준

(1) 세포의 에너지

세포를 구성하는 고분자 유기화합물의 종류와 기능을 분자구조를 바탕으로 이해한다. 세포의 에너지 대사와 관련된 세포 호흡과 광합성의 전 과정을 단계별로 구분하여 이해하고, 세포 호흡과 광합성의 전자 전달계와 화학삼투를 비교하여 공통점과 차이점을 설명할 수 있도록 한다. 호흡과 발효의 차이를 이해하고 실생활에서 발효를 이용하는 사례를 설명할 수 있도록 한다.

[12고생01-01] 세포를 구성하는 유기화합물의 종류를 탄수화물, 지질, 단백질, 핵산으로 구분하고 각 물질의 특성을 실험을 통해 확인하고 설명할 수 있다.
[12고생01-02] 탄수화물, 지질, 단백질, 핵산의 기능을 각 물질의 분자 구조를 바탕으로 설명할 수 있다.
[12고생01-03] 엽록소 형광 발생 실험을 통해 엽록체의 틸라코이드막에서 빛에너지가 흡수되는 과정을 이해하고 빛에너지가 ATP의 화학 에너지로 전환되는 전자전달 과정을 설명할 수 있다.
[12고생01-04] 빈 회로에서 중간 산물의 생성과 변화 과정을 이해하고, 이를 밝혀낸 과정을 설명할 수 있다.
[12고생01-05] 순환적 광인산화와 비순환적 광인산화의 차이를 이해하고 이를 결정하는 요인을 설명할 수 있다.
[12고생01-06] 광호흡의 의미를 알고, 환경에 대한 적응의 측면에서 C3, C4, CAM 식물의 차이를 설명할 수 있다.
[12고생01-07] 전자현미경 사진에서 미토콘드리아의 미세구조를 확인하고, 발효 실험을 통해 세포 호흡의 해당과정에서 일어나는 기질수준 인산화의 의미를 설명할 수 있다.
[12고생01-08] 해당과정과 TCA회로의 각 경로에서 생성되는 중간 산물의 화학적 특성을 알고, 그들의 생성과 변화를 설명할 수 있다.
[12고생01-09] 전자 전달계와 화학삼투에 의한 산화적 인산화 과정을 설명할 수 있다.
[12고생01-10] ATP 합성효소의 ATP 합성 원리에 대한 탐구 과정을 통해 ATP 합성의 원리를 설명할 수 있다.
[12고생01-11] 포도당 이외의 유기화합물의 분해 및 합성 과정을 설명할 수 있다.
[12고생01-12] 근육 수축처럼 ATP 에너지가 세포의 생명 활동에 이용되는 다양한 사례를 설명할 수 있다.
[12고생01-12] 산소호흡, 무산소호흡, 발효의 차이를 구분하고 사례를 들어 설명할 수 있다.

(2) 생물의 조절과 방어

신경계를 통한 신호 전달과 호르몬을 통한 신호 전달 방식의 공통점과 차이점을 이해하고, 신경세포를 통한 흥분 전도와 전달 과정을 설명할 수 있도록 한다. 수용성 호르몬과 지용성 호르몬이 세포에서 작용하는 방식의 차이를 이해하고, 대표적인 식물 호르몬의 종류와 기능을 설명할 수 있도록 한다. 질병의 의미와 인체 방어 작용을 비특이적 방어와 특이적 방어로 구분하여 이해하며 면역 관련 질병의 다양한 사례와 발병 메커니즘을 설명할 수 있도록 한다.

[12고생02-01] 신경세포의 막 전위 변화를 세포막에서의 이온 이동을 중심으로 설명할 수 있다.
[12고생02-02] 활동 전위의 전도와 시냅스에서의 흥분 전달 과정을 이해하고, 흥분성 시냅스와 억제성 시냅스에 대해 설명할 수 있다.
[12고생02-03] 중추 신경계에서 이루어지는 자극 전달을 조절하는 약물 및 학습과 기억의 원리를 설명

할 수 있다.

[12고생02-04] 신경과 호르몬을 비롯한 다세포 생물의 신호 전달 방식을 알고 이들의 차이점을 설명할 수 있다.

[12고생02-05] 호르몬의 작용메커니즘을 설명할 수 있다.

[12고생02-06] 수용성 호르몬과 지용성 호르몬을 구별하고 이들의 신호 전달 방식의 차이점을 설명할 수 있다.

[12고생02-07] 옥신 농도에 따른 줄기 신장 실험을 통해 식물 호르몬의 종류와 기능 및 피토크롬과 광주기성에 대해 이해하고 식물의 화학적 조절 메커니즘을 설명할 수 있다.

[12고생02-08] 식물 종자 발아에 관여하는 피토크롬의 역할을 설명할 수 있다.

[12고생02-09] 질병의 의미를 이해하고 전염성 질병과 병원체의 종류를 관련지어 설명할 수 있다.

[12고생02-10] 비특이적 방어와 특이적 방어를 구별하고, 림프구의 종류와 기능을 설명할 수 있다.

[12고생02-11] 체액성 면역과 세포성 면역을 구분하고, 이들의 유기적 관계를 설명할 수 있다.

[12고생02-12] 면역 관련 질병의 다양한 사례와 발병 메커니즘을 설명할 수 있다.

[12고생02-13] 단일 항체를 활용하여 암을 극복할 수 있는 원리를 설명할 수 있다.

[12고생02-14] 식물은 세균이나 해충의 피해를 막기 위해 어떤 방어 수단을 가지고 있는지 설명할 수 있다.

(3) 유전자의 구조와 발현

DNA와 염색체, 유전자의 관계를 이해하고, 세포분열 시 염색체의 행동을 설명할 수 있도록 한다. DNA의 복제 과정과 유전자의 발현 과정을 이해하고 원핵생물과 진핵생물의 유전자 발현 과정의 차이점을 설명할 수 있도록 한다. 유전자 발현 조절을 통한 발생 과정에서 세포의 분화와 기관 형성 과정을 이해하고 동물의 기본 구조가 형성되는 과정을 설명할 수 있도록 한다.

[12고생03-01] 세포 분열의 필요성을 알고, 세포 주기 각 단계의 특징 및 세포 주기 조절 메커니즘을 설명할 수 있다.

[12고생03-02] 세포분열 시 염색체가 분리되는 과정을 설명할 수 있다.

[12고생03-03] 원핵세포와 진핵세포의 염색체 구성 물질 및 미세 구조적 차이를 설명할 수 있다.

[12고생03-04] 핵산이 유전물질이라는 실험적 증거들을 학습하고, DNA와 염색체, 유전자의 관계를 설명할 수 있다.

[12고생03-05] 유전체의 개념을 알고, 종에 따라 유전체의 크기, 밀도 등의 특성이 다름을 설명할 수 있다.

[12고생03-06] 다세포 진핵생물이 갖는 비암호화 DNA의 종류와 다유전자군의 특성을 설명할 수 있다.

[12고생03-07] DNA의 반보존적 복제를 확인하는 실험 과정을 설명할 수 있다.

[12고생03-08] 선도가닥과 지연가닥에서의 DNA 복제 과정 차이를 설명할 수 있다.
[12고생03-09] DNA 복제 과정 중 발생한 오류를 교정하는 DNA 중합효소의 기능을 설명할 수 있다.
[12고생03-10] 유전자와 단백질의 관계를 알고, 유전자 전사 및 단백질 합성의 과정을 상세하게 설명할 수 있다.
[12고생03-11] 원핵생물과 진핵생물의 유전자 발현 과정의 차이점을 알고 진핵생물에서 유전자 발현이 조절되는 원리를 전사, 전사 후, 번역, 번역 후의 조절 등으로 나누어 설명할 수 있다.
[12고생03-12] 돌연변이, 바이러스 등에 의해 유전 정보가 달라지는 메커니즘 및 유전자 질환에 대해 구체적인 예를 들어 설명할 수 있다.
[12고생03-13] DNA 중복, 재배열, 돌연변이 등에 의하여 유전체가 진화하는 과정을 설명할 수 있다.
[12고생03-14] 서로 다른 종간의 유전체 비교를 통해 계통학적 근연 관계를 추론할 수 있다.
[12고생03-15] 발생의 과정을 유전자의 발현과 관련하여 이해하고, 물리적, 화학적, 생물학적 요인에 의한 유전자의 연속적, 차등적 발현과 발생의 조절에 대해 설명할 수 있다.
[12고생03-16] 동물의 기본 구조가 형성되는 형태 형성의 과정을 설명할 수 있다.
[12고생03-17] 특정 신호에 의한 유도 작용 및 세포분화의 일반적 원리를 설명할 수 있다.
[12고생03-18] 발생에 관여하는 유전자들이 진화에 중요한 역할을 한다는 것을 설명할 수 있다.

(4) 생명공학의 기술과 응용

유전자 재조합 기술, 조직배양, 핵이식 등 생명공학 기술의 원리를 이해하고 이를 활용한 사례를 설명할 수 있도록 한다. 유전체 분석 자료를 통한 단백체학, 생물정보학, 시스템생물학 등 최신 학문의 연구 방법을 이해하고 생명공학 발달에 따른 사회적, 윤리적 문제를 합리적으로 해결할 수 있는 방법을 토의하도록 한다.

[12고생04-01] 세포와 조직을 배양하는 과정에서 염색체나 유전자를 인위적으로 조작할 수 있는 세포공학 기술을 설명할 수 있다.
[12고생04-02] 유전자 재조합 기술과 이에 사용되는 제한 효소의 기능과 종류를 설명할 수 있다.
[12고생04-03] 식물 조직 배양, 동물의 핵 이식에 관한 연구 사례를 학습하고, 동·식물의 복제 원리를 설명할 수 있다.
[12고생04-04] 전체 유전체 해독을 위한 접근 방법을 설명할 수 있다.
[12고생04-05] 유전체 분석 자료의 관리 과정을 알고, 이를 활용한 프로테오믹스, 시스템생물학 등의 최신 학문에서 하는 일이 무엇인지를 설명할 수 있다.
[12고생04-06] 유전자 치료 방법의 예를 들고, 유전자 치료 및 인간 게놈 프로젝트의 의미와 문제, 미래에 대한 자신의 견해를 근거를 들어 주장할 수 있다.
[12고생04-07] 생명공학의 발달로 초래될 수 있는 윤리적, 사회적 문제점을 제시하고 이에 대한 자신의 견해를 근거를 들어 주장할 수 있다.

4. 교수·학습 및 평가의 방향

가. 교수·학습 방향

인체 중심이었던 생명과학에서 벗어나 지구의 다양한 생명들의 생명 현상과 생활 속의 생명공학의 활용을 다루되 전반적으로 심화된 핵심 개념을 이해하도록 하는 교과이다. 학습자의 관심을 사람 중심에서 우리 주변의 자연과 생명, 나아가 생활 속에서 생명공학 기술이 활용되는 사례에 대해 자연스럽게 호기심과 관심을 갖도록 유도해야 한다. 그리고 생명과학의 종합적인 학문적 특성을 고려하여, 다른 교과와는 어떤 연계성이 있는지를 생각할 수 있는 학습 환경을 조성해 줌으로써 다가오는 생명과학 시대를 대비하여 생명과학 분야로 진로를 선택하고자 하는 학생들에게 걸맞은 생명과학 소양을 기를 수 있도록 한다. 더불어 생명과학의 기본 개념 이해, 과학 탐구 실행을 통한 정보 활용 능력, 비판적 사고력, 의사소통 능력, 문제 해결력, 개인적·사회적 책무성, 진로개발 능력 등의 핵심역량을 함양하도록 구성한다.

나. 평가 방향

생명과학의 통섭적 특성에 대하여 연계성 있는 이해를 했는지를 평가하는 것이 중요하며, 생명에 대한 호기심과 흥미를 제고하고, 진로 선택 과목으로서 관련 전공으로 진학하는 데 필요한 기초 소양을 기르는데 도움이 되도록 평가를 구성한다. 세포의 특성, 물질대사, 세포 수준에서 나타나는 생명 현상의 분자적 원리, 생물다양성과 진화, 생명공학과 우리 생활 등을 중심으로 관련된 핵심 개념에 대한 이해와 이에 해당하는 탐구 활동을 성실하게 수행했는지를 평가한다. 이를 통해 생명과학의 심화 개념 이해, 과학 탐구 실행을 통한 정보 활용 능력, 비판적 사고력, 의사소통 능력, 문제 해결력, 개인적·사회적 책무성, 진로개발 능력 등의 핵심역량을 함양하게 하는 평가가 되도록 한다. 단순 지식의 암기를 평가하는 단답형이나 선다형 평가를 지양하고 다양한 탐구 활동이나 토론, 토의, 발표 등을 통한 학습 태도, 과학적 사고력 및 분석력, 의사소통 능력, 보고서 작성 능력, 과학적 글쓰기 능력, 토의나 발표 능력 등을 관찰 평가를 통하여 종합적으로 평가하는 방식을 지양해야 한다.

고급 지구과학

1. 성격

'고급 지구과학'은 과학 계열 고등학교 학생이나 일반계 고등학교에서 과학 과목 중점 교육과정을 이수하는 학생을 위한 과목이다. 주변 현상과 시·공간적으로 밀접하게 관련된 지구와 우주에 관한 현상에 대한 기본 개념을 바탕으로 관심 있는 주제에 대하여 과학적 탐구를 직간접적으로 체험함으로써 학문적 전공 선택을 용이하게 하고, 각자 앞으로의 연구 분야에서 지구 과학의 심화된 개념과 탐구 능력을 충분히 활용할 수 있도록 자기주도적인 탐구 활동을 통하여 창의적 문제 해결력과 과학적 태도를 함양하기 위한 과목이다.

'고급 지구과학'의 내용은 지구와 우주에 관한 현상을 전체적인 관점에서 볼 수 있도록 고체지구, 대기와 해양, 우주에 대한 내용으로 구성한다. 지구과학 분야의 전공과목을 이수하는데 필요한 지식 및 탐구 방법을 습득하는데 기초가 될 수 있는 수준으로 구성하고, 지구과학자의 탐구 과정인 관찰, 실험, 조사, 토론 및 토의, 답사 등 다양한 활동을 통하여 탐구 능력 및 창의적 문제 해결력을 기르게 한다. 현대의 최신 지구과학 연구의 다양한 분야를 체험하고 탐구할 수 있도록 연구 및 시사적인 내용을 많이 포함하도록 구성한다.

'고급 지구과학'에서는 다양한 탐구 중심의 학습이 이루어지도록 한다. 또한 기본 개념의 통합적인 이해 및 과학의 탐구 경험을 통하여 과학적 사고력, 과학적 탐구 능력, 과학적 문제 해결력, 과학적 의사소통 능력, 과학적 참여와 평생 학습 능력 등의 과학과 핵심 역량을 함양하도록 한다.

과학적 사고력은 과학적 주장과 증거의 관계를 탐색하는 과정에서 필요한 사고이다. 과학적 세계관 및 자연관, 과학의 지식과 방법, 과학적인 증거와 이론을 토대로 합리적이고 논리적으로 추론하는 능력, 추리 과정과 논증에 대해 비판적으로 고찰하는 능력, 다양하고 독창적인 아이디어를 산출하는 능력 등을 포함한다.

과학적 탐구 능력은 과학적 문제 해결을 위해 실험, 조사, 토론 등 다양한 방법으로 증거를 수집, 해석, 평가하여 새로운 과학 지식을 얻거나 의미를 구성해 가는 능력을 말한다. 과학적 탐구를 위해서는 과학 탐구 기능과 지식을 통합하여 적용하고 활용하는 능력이 필요하며 과학적 사고력이 이 과정에 기

초가 된다.

과학적 문제 해결력은 과학적 지식과 과학적 사고를 활용하여 개인적 혹은 공적 문제를 해결하는 능력이다. 일상생활의 문제를 해결하기 위해 문제와 관련 있는 과학적 사실, 원리, 개념 등의 지식을 생각해 내고 활용하며 다양한 정보와 자료를 수집, 분석, 평가, 선택, 조직하여 가능한 해결 방안을 제시하고 실행하는 능력이 필요하다. 문제 해결력은 문제 해결 과정에 대한 반성적 사고 능력과 문제 해결 과정에서의 합리적 의사 결정 능력도 포함한다.

과학적 의사소통 능력은 과학적 문제 해결 과정과 결과를 공동체 내에서 공유하고 발전시키기 위해 자신의 생각을 주장하고 타인의 생각을 이해하며 조정하는 능력을 말한다. 말, 글, 그림, 기호 등 다양한 양식의 의사소통 방법과 컴퓨터, 시청각 기기 등 다양한 매체를 통하여 제시되는 과학기술 정보를 이해하고 표현하는 능력, 증거에 근거하여 논증 활동을 하는 능력 등을 포함한다.

과학적 참여와 평생 학습 능력은 사회에서 공동체의 일원으로 합리적이고 책임 있게 행동하기 위해 과학기술의 사회적 문제에 대한 관심을 가지고 의사 결정 과정에 참여하며 새로운 과학기술 환경에 적응하기 위해 스스로 지속적으로 학습해 나가는 능력을 가리킨다.

2. 목표

지구와 우주에 대하여 흥미와 호기심을 가지고 탐구하여 지구의 소중함과 아름다움을 인식하고, 지구과학의 기본 개념을 이해하며, 과학적 사고력과 창의적 문제 해결력을 길러, 지구과학과 관련된 다양한 문제를 과학적으로 이해하고 해결하는 데 필요한 능동적인 태도와 과학적 소양을 기른다. 또한 지구과학의 탐구 방법을 이해하고 이를 활용하여 실제로 일상생활에서 지구과학 관련 문제를 탐구할 수 있는 능력과 과학과 핵심 역량을 함양한다.

가. 지구와 우주의 소중함과 아름다움을 인식하고, 흥미와 호기심을 가지고, 지구와 우주에 관한 문제를 과학적으로 탐구하려는 태도를 기르며, 지구와 우주에서 일어나는 현상을 통합적으로 이해하는 능력을 기른다.

나. 지구와 우주를 과학적으로 탐구하는 능력을 기르고, 지구과학과 관련한 지구적 문제와 일상생활의 문제에 대한 과학적 이해와 해결 방안 모색에 이를 활용한다.

다. 지구과학의 다양한 영역에 대해 심화, 발전된 핵심 개념을 체계적으로 이해한다.

라. 과학·기술·사회의 상호 관계를 인식하고 지구와 우주에 관한 문제에 대한 사회적 논의에 건설적으로 참여한다.

마. 과학 학습의 즐거움과 과학의 유용성을 인식하여 평생 학습 능력을 기른다.

3. 내용 체계

가. 내용 체계

영역	핵심 개념	일반화된 지식	내용 요소 고급 지구과학	기능
고체 지구	지구의 모양과 내부	지구내부의 구조는 지진파를 통해 알아냈다.	• 지구의 모양 • 지진파 • 지진파를 이용한 지각의 두께 결정 • 지구 내부의 구조 • 구성 물질 • 물리량 분포	• 문제 인식 • 탐구 설계와 수행 • 자료의 수집·분석 및 해석 • 수학적 사고와 컴퓨터 활용 • 모형의 개발과 사용 • 증거에 기초한 토론과 논증 • 결론 도출 및 평가 • 의사소통
	지구의 역장	지구의 중력과 자기장이 존재한다.	• 중력장 • 중력 이상 • 지구 자기장 • 지구 자기장의 형성과 변화	
	지구 구조론	판의 움직임에 따라 화산과 지진이 발생한다.	• 고지자기와 대륙의 이동 • 판구조론 • 판 경계에서의 특징과 지질 현상 • 판을 움직이는 힘 • 플룸구조론	
	광물의 성질	광물의 특성을 이용하여 광물을 분류한다.	• 조암광물 • 규산염 광물의 구조 • 광물의 결정계 • 광물의 물리적, 화학적 성질 • 편광 현미경의 원리와 광학적 성질	
	암석의 특징과 분류	생성 원인에 따라 화성암, 퇴적암, 변성암이 만들어진다.	• 마그마의 생성과 분화 작용 • 화성암의 생성과 분류 • 변성암의 종류와 변성 작용 • 변성상 • 퇴적암의 생성과 분류 • 퇴적구조	
	지질 시대	상대 연대와 절대 연대를 이용하여 지층의 생성 순서를 구한다.	• 상대 연대와 지층의 대비 • 절대 연대 측정법 • 지질 연대표와 구분법	

영역	핵심 개념	일반화된 지식	내용 요소 고급 지구과학	기능
	고생물의 특징과 진화	화석을 이용하여 생물의 진화를 설명한다.	• 화석과 화석화 작용 • 지질 시대별 고생물의 특징 • 생물의 멸종과 진화	
	한국의 지질	시대별 지층 및 화성 활동으로 한반도의 형성 과정을 안다.	• 한반도 지체 구조의 발달 과정 • 시대별 지층 분포 지역과 각 지층별 산출 화석 • 한반도의 화성 활동과 판구조적 특징 • 한반도의 형성	
	에너지 자원과 재해	자원의 성인을 안다. 화산, 지진, 사태 등의 자연재해와 대처법을 안다.	• 광상의 성인과 분류, 해저 자원 • 주요 광물 및 희토류 광물 • 자연 재해	
대기와 해양	대기와 해양에 작용하는 힘	압력경도력, 전향력, 구심력, 마찰력, 와도는 대기와 해양에 작용하는 힘이다.	• 압력경도력 • 전향력 • 구심력 • 마찰력 • 와도	
	힘들의 평형관계	대기와 해양에 작용하는 힘들에 의해 바람과 해류가 발생한다.	• 정역학 평형 • 지균풍과 지형류 • 경도풍과 경도류 • 지상풍과 에크만수송	
	시공간 규모별 주요 현상	시간과 공간의 규모에 따라 다양한 파동이 만들어진다.	• 단주기 파동 • 장주기 파동 • 초장주기 파동 • 해일	
	대기와 해양의 자오면상 특성	편서풍파동에 의해 지상의 날씨가 변화한다. 해수는 표층순환과 심층순환을 한다.	• 대기 대순환 • 편서풍파동 • 편서풍파동과 날씨 • 제트류 • 해수의 표층순환 • 서안강화현상 • 심층순환	
	대기와 해양의 상호 작용	대기와 해양의 상호 작용에 의해 엘니뇨와 라니냐, 지구 온난화가 나타난다.	• 대기와 해양의 운동 규모 • 지구 온난화 • 엘니뇨와 라니냐 • 남방진동(ENSO)	

영역	핵심 개념	일반화된 지식	내용 요소 고급 지구과학	기능
	대기의 성층과 특성	대기중의 수증기와 대기 안정도에 따라 구름이 만들어진다.	• 대기중의 수증기 • 대기열역학 • 단열선도 • 응결고도 • 대기 안정도 • 태양복사와 지구복사	
	해양 조석	달의 기조력에 의해 조석과 조석파가 발생한다.	• 기조력 • 조석과 지구자전 • 실제의 조석파	
	해수의 성질	해수의 물리적 화학적 성질을 이용하여 수괴를 설명한다.	• 해수의 물리 화학적 특성 • 수중 음파	
우주	천구의 이해	좌표계를 이용하여 천체의 위치를 설명한다.	• 지평좌표계와 적도좌표계 • 시간	
	우주를 바라보는 눈	다양한 망원경을 이용하여 천체를 관측한다.	• 광학망원경 • 전파망원경 • 우주망원경 • 우주탐사의 역사	
	태양계의 기원과 특성	태양계의 기원은 성운설로 설명하고, 태양은 태양계의 유일한 항성이다.	• 태양계 특성 • 태양계 내 생물의 출현 • 태양계의 기원	
	행성과 태양계의 작은 천체들	태양계는 행성과 작은 천체들로 구성되어 있다.	• 지구형 행성과 목성형 행성 • 왜소행성 • 소행성 • 혜성 • 유성과 운석	
	별의 특성	별의 특성은 밝기, 온도, 질량으로 구분할 수 있다.	• 별의 밝기와 등급 • 별의 온도와 스펙트럼 • 별의 거리	
	성간물질과 별의 탄생	성간물질이 중력수축하여 별이 탄생한다.	• 성간 물질 • 성간 소광 • 암흑 성운 • 발광 성운 • 중력 수축 • 원시성 • 수소핵융합 반응	

영역	핵심 개념	일반화된 지식	내용 요소 고급 지구과학	기능
	별의 구조와 진화	별은 질량에 따라 진화 과정이 다르다.	• 별의 에너지원 • 별의 구조 • H-R도 • 별의 질량에 따른 진화 과정 • 블랙홀 • 변광성 • 초신성	
	우리은하	우리은하는 막대나선은하이다.	• 우리은하의 구조 • 암흑 물질 • 차등은하 회전 • 은하의 회전과 질량	
	외부은하	외부은하의 관측을 통해 우주의 크기와 은하의 진화를 안다.	• 은하의 형태와 은하의 분류 • 외부은하의 거리 • 외부 은하의 질량	
	우주론	빅뱅 이론으로 우주의 탄생과 진화를 설명한다.	• 허블 법칙과 우주 팽창 • 우주배경복사 • 우주론의 원리 • 우주 모형 • 우주 역사와 미래	

나. 성취기준

(1) 고체지구

지구는 태양계 형성과정에서 수많은 미행성이 충돌하면서 여러 단계를 거쳐 현재의 모습을 갖추었으며, 지구내부는 지각, 맨틀, 외핵, 내핵으로 분화되었다. 지각을 구성하는 광물과 암석의 성분과 조직을 통해 특징과 형성과정을 이해할 수 있다. 지구 표면은 여러 개의 판들로 나뉘어져 있으며, 판의 움직임에 따라 화산과 지진활동이 일어나서 끊임없이 지표를 변화시키고 있다. 지질 시대 별로 지구의 환경과 생물의 변화를 통해 한국의 지질이 어떻게 변화되었는지 알아볼 수 있다.

[12고지01-01] 지오이드와 지구타원체를 이용하여 지구 모양을 나타낼 수 있다.
[12고지01-02] 지진파의 종류와 전파특성을 이해하고, 지진파를 이용하여 지각의 두께를 결정할 수 있다.
[12고지01-03] 지진파 분석을 통한 지구 내부의 성층 구조와 구성 물질을 이해하고, 각 성층의 밀도, 중력, 압력 및 온도와 같은 물리량을 설명할 수 있다.

[12고지01-04] 지구의 인력, 중력 및 중력의 측정, 중력 보정과 중력 이상 등 지구의 중력장을 이해하고 우리나라의 중력 이상 분포를 설명할 수 있다.

[12고지01-05] 지구 자기장의 측정과 분포, 지구 자기의 변화, 지구 자기의 생성원리 및 역전을 발표할 수 있다.

[12고지01-06] 판구조론이 성립되기까지의 과정을 이해하고, 대륙 이동과 해저 확장을 지지하는 다양한 지질학적 고지자기학적 증거와 연구 결과를 이용하여 판구조론을 설명할 수 있다.

[12고지01-07] 판구조론에서 판을 이동 시키는 원동력, 판의 경계와 종류, 각 경계에 나타나는 다양한 지질 현상을 이해하며 판의 운동과 지진, 화산 및 조산 운동을 관련지어 설명할 수 있다.

[12고지01-08] 지진파 토모그래피를 이용한 신구조론인 플룸구조론을 이해하고 판구조론과의 차이를 발표할 수 있다.

[12고지01-09] 광물의 정의와 종류, 여러 광물 중에서 조암 광물의 의미와 종류 등을 설명할 수 있다.

[12고지01-10] 광물을 구성하는 화학 성분이나 결정 구조에 따라 광물의 물리적, 광학적 성질이 달라짐을 이해하고 광물의 물리적 성질과 화학적 성질을 설명할 수 있다.

[12고지01-11] 편광 현미경의 원리와 박편 제작 및 관찰을 통한 색, 간섭색, 소광현상 등의 광학적 성질을 설명할 수 있다.

[12고지01-12] 마그마의 화학 조성과 냉각 속도에 의해 다양한 화성암이 형성되는 과정을 이해하고, 화성암의 산출 상태, 조직, 광물 성분과 화학 조성 등을 통해 화성암을 분류할 수 있다.

[12고지01-13] 변성암을 분류하고, 변성 광물의 종류와 변성 광물의 조합을 통해 변성 작용을 유추할 수 있다.

[12고지01-14] 퇴적암을 분류하고, 다양한 퇴적 구조를 통해 퇴적 환경을 유추할 수 있다.

[12고지01-15] 지층의 선후 관계 해석에 사용되는 다양한 법칙을 통해 지층의 대비와 생성 순서를 결정할 수 있다.

[12고지01-16] 방사성 동위 원소의 반감기를 이용하여 절대 연령을 구할 수 있다.

[12고지01-17] 지질 연대표를 이용하여 지질 시대를 구분하는 기준을 설명할 수 있다.

[12고지01-18] 화석의 종류와 의의, 그리고 화석을 통한 고생물의 특징과 진화를 설명할 수 있다.

[12고지01-19] 표준 화석과 시상 화석을 이해하고, 지질 시대별 화석의 특징을 발표할 수 있다.

[12고지01-20] 한반도의 지질에 대한 전반적인 이해와 지질 시대의 변천에 따른 한반도 지체 구조의 발달 과정을 설명할 수 있다.

[12고지01-21] 우리나라 고생대, 중생대, 신생대 지층의 분포 및 특징을 각 지층에서 산출된 다양한 화석을 통하여 설명할 수 있다.

[12고지01-22] 우리나라의 화성 활동을 판구조론과 관련하여 설명할 수 있다.

[12고지01-23] 한반도의 지질학적 형성 과정을 설명할 수 있다.

[12고지01-24] 화성, 변성, 퇴적 과정을 통해 광상이 형성되는 과정과 열수광상 및 해저자원에 대해 설명할 수 있다.

[12고지01-25] 주요 광물 및 희토류광물 등의 탐사를 조사하여 발표할 수 있다.

[12고지01-26] 화산 활동과 지진에 의해 일어나는 재해의 유형과 원인 및 피해 사례, 사태의 의미와 사

태가 발생할 수 있는 조건, 그리고 운석 충돌의 흔적 사례와 예상되는 피해 등을 조사하여 발표할 수 있다.

(2) 대기와 해양

지구를 구성하는 환경은 끊임없는 변화와 진화를 거쳐 인류를 비롯한 생명체가 살 수 있도록 하였으며, 대기와 해양의 상태는 지구 생물들의 생활에 중요한 영향을 끼친다. 또한 대기와 해양은 상호간에 물질과 에너지 등을 교환하면서 전체적으로 지구환경 속에서 상호 조화를 이루고 있다. 대기와 해양에 작용하는 힘들에 의해 다양한 규모의 바람과 해류가 발생하고 순환한다. 대기와 해양의 물리적 성질과 특성을 파악하고, 상호 작용에 의해 날씨와 기후가 변화함을 이해할 수 있다. 또한 달에 의한 기조력이 해양에 어떠한 영향을 미치는지 알아볼 수 있다.

[12고지02-01] 대기와 해양에 작용하는 힘들을 설명할 수 있다.

[12고지02-02] 와도의 개념을 이해하고 설명할 수 있다.

[12고지02-03] 대기에 작용하는 힘들의 평형 관계를 이해하며, 대기에서의 지균풍과 해양에서의 지형류 평형에 관여하는 힘들을 관련지어 설명할 수 있다.

[12고지02-04] 대기와 해양에서의 지상풍과 에크만수송의 생성 기작을 통합적으로 설명할 수 있다.

[12고지02-05] 시공간 규모별 주요 현상을 단주기, 장주기, 초장주기 파동으로 구분하여 설명할 수 있다.

[12고지02-06] 대기와 해양의 자오면상에서 나타나는 대기 대순환, 편서풍파동과 날씨, 제트류를 설명할 수 있다.

[12고지02-07] 해수의 표층순환과 서안강화현상, 심층순환을 설명할 수 있다.

[12고지02-08] 대기와 해양 운동의 규모, 대기와 해양의 유사성과 상대성, 그리고 해수면을 통한 대기와 해양간의 상호 작용을 통한 에너지와 물질 교환을 설명할 수 있다.

[12고지02-09] 기후 변화의 원인을 자연적 요인과 인위적 요인으로 구분하여 설명하고, 인간 활동에 의한 기후 변화의 환경적, 사회적, 경제적 영향과 기후 변화 문제 해결의 과학적 방법에 대해 토의할 수 있다.

[12고지02-10] 엘니뇨와 라니냐의 발생 메커니즘과 남방진동(ENSO) 순환을 이해하고, 엘니뇨에 의한 지구적 기후 변화의 결과와 우리나라 기후 변화에 대한 영향을 설명할 수 있다.

[12고지02-11] 대기중의 수증기를 이해하고, 단열 변화를 통해 구름이 생성되는 과정을 설명할 수 있다.

[12고지02-12] 단열선도(skew T & log P diagram)를 이용하여 대기의 안정도를 이해하고 안정층과 불안정층을 구분하며 상승응결고도(LCL), 대류응결고도(CCL), 자유대류고도(LFC)의 의미와 차이점을 발표할 수 있다.

[12고지02-13] 태양복사와 지구복사를 이해하고, 온실 효과를 설명할 수 있다.

[12고지02-14] 조석을 일으키는 힘인 기조력을 수식으로 이해하며 평형 조석론과 동역학적 조석론 관점에서 조석 현상을 설명할 수 있다.

[12고지02-15] 조석파 개념에서의 조화성분을 이해하고, 조석 마찰 개념에서의 조석과 지구자전을 설명할 수 있다.
[12고지02-16] 해수의 물리적 화학적 성질을 이용하여 수괴를 설명할 수 있다.
[12고지02-17] 해수 중 음파의 속도, 굴절과 반사 등의 특성을 이해하고, 해수 중의 음파가 가지는 독특한 특성을 설명할 수 있다.

(3) 우주

인류가 지구에 나타난 이후 밤하늘과 우주는 신비의 대상이었고, 지금까지도 별과 우주를 이해하기 위해 다양한 과학적 연구를 진행하고 있다. 우주를 탐사하기 위한 천문학적 지식과 천체관측방법을 알아보고, 태양과 태양계, 별의 물리적 성질과 운동에 대해 이해한다. 별의 탄생과 진화 및 은하의 특성과 분류, 허블 법칙을 통해 우주의 과거와 미래에 대해 알아본다.

[12고지03-01] 천구를 이해하기 위한 좌표계인 지평좌표계와 적도좌표계를 이해하며 이들 좌표계를 이용하여 천체의 위치를 설명할 수 있다.
[12고지03-02] 우주과학에서 시간의 의미를 설명할 수 있다.
[12고지03-03] 천체 망원경을 광학, 전파, 우주 망원경으로 구분하고 각각의 특성과 원리를 설명할 수 있다.
[12고지03-04] 천체망원경을 조작하여 천체를 관측할 수 있다.
[12고지03-05] 우주탐사 역사와 의미를 알고 우주 공간을 다양한 목적으로 활용할 수 있음을 설명할 수 있다.
[12고지03-06] 태양계의 특성을 이해하고 이를 태양계의 기원과 관련지어 설명할 수 있다.
[12고지03-07] 태양계의 생성과정과 태양계 내에서 생명이 탄생하기까지의 과정을 설명할 수 있다.
[12고지03-08] 태양계의 기원으로 성운설, 소행성설, 조석설을 알고, 성운설을 중심으로 태양계의 기원을 이해하고, 태양의 물리적 특성을 설명할 수 있다.
[12고지03-09] 태양계 내의 행성들은 궤도위치와 물리적 성질에 따라 각각 외행성과 내행성, 지구형 행성과 목성형 행성으로 구분함을 이해하고, 지구형 행성과 목성형 행성의 표면과 구조적 특징 그리고 대기 성분의 차이점을 비교할 수 있다.
[12고지03-10] 왜소행성, 혜성, 소행성, 유성과 운석 등 태양계 내의 작은 천체의 형태, 종류와 기원을 설명할 수 있다.
[12고지03-11] 별의 겉보기등급과 절대등급을 복사플럭스, 거리, 그리고 대기소광 등과 관련지어 이해하고, 별의 스펙트럼을 통해 별의 화학조성과 다양한 물리량을 추정할 수 있다.
[12고지03-12] 별의 색과 표면온도, 플랑크 곡선과 표면온도, 광도와 표면온도의 관계를 이용한 별의 크기 결정, 쌍성계를 이루는 별들의 질량을 결정할 수 있다.

[12고지03-13] 연주 시차법, 분광시차법, 주계열 맞추기, 세페이드 변광성의 맥동주기와 광도 관계를 이용하여 별까지 거리를 구할 수 있다.

[12고지03-14] 우주 공간에 존재하는 성간물질의 분포를 이해하고, 가스와 먼지의 흡수와 산란에 의한 성간소광을 이해하며 암흑성운과 발광성운 등 성운의 종류와 특징을 설명할 수 있다.

[12고지03-15] 성간물질의 중력수축으로 중심부의 온도가 상승하고 고온의 중심부에서 수소 핵융합 반응이 일어나 별이 탄생되는 과정을 이해한다. 이 과정이 일어날 때, 별의 질량에 따라 중력 수축 에너지가 달라지고 그 결과 다양한 별이 만들어짐을 설명할 수 있다.

[12고지03-16] 별 내부에서의 에너지 생성반응인 양성자 연쇄 반응(p-p반응), 탄소 순환 반응(CNO반응), 그리고 헬륨 핵융합 반응의 과정과 생성되는 에너지양을 설명할 수 있다.

[12고지03-17] 별의 질량이 별의 진화과정에 중요한 요인임을 이해하고, 진화 과정을 H-R도에서 설명할 수 있다. 산개성단과 구상성단의 H-R도를 비교하여 별의 진화를 설명할 수 있다.

[12고지03-18] 질량이 매우 큰 별의 최후인 블랙홀에 대해 설명할 수 있다.

[12고지03-19] 맥동 변광성과 폭발 변광성의 종류와 물리적 성질을 설명할 수 있다. 폭발 변광성에서는 별이 소멸할 때 별의 밝기가 극적으로 변화하는 현상과 규칙적인 밝기 변화가 나타나는 현상을 설명할 수 있다.

[12고지03-20] 별이 일생을 폭발에 의해 마감하는 순간에 나타나는 신성과 초신성의 종류와 그 특징을 이해하고, 별이 폭발할 때의 핵융합 반응과 자연계의 무거운 원소들의 관계를 설명할 수 있다.

[12고지03-21] 은경과 은위로 표현되는 은하좌표계와 은하의 회전을 이해한다. 은하좌표계는 우리은하의 회전이나 천체의 분포 등을 효과적으로 기술하기 위한 것임을 이해하고, 오르트 공식을 이용하여 우리은하의 차등 회전과 강체 회전을 설명할 수 있다.

[12고지03-22] 태양 부근의 회전 속도, 태양과 은하 중심까지의 거리, 그리고 태양의 궤도 주기를 설명할 수 있다.

[12고지03-23] 우리은하의 회전과 다양한 외부 은하의 회전 측정 자료를 이용하여 은하들의 회전을 비교, 검토하여 그 의미를 설명할 수 있다.

[12고지03-24] 은하의 분류 기준과 종류, 그리고 각각의 특징을 이해하고 은하까지의 거리를 구하는 방법 및 필요성을 설명할 수 있다.

[12고지03-25] 은하의 절대 광도와 질량을 구하기 위해 은하까지의 거리를 알고 지구와 은하와의 거리에 따라 은하까지의 거리를 구하는 방법이 다름을 설명할 수 있다.

[12고지03-26] 은하의 크기, 질량, 광도, 질량-광도비(M/L), 색깔 등의 일반적 특징을 이해하고, 이외에도 활동은하와 아주 먼 거리에 있어서 심한 적색 이동을 나타내는 퀘이사를 설명할 수 있다.

[12고지03-27] 우주의 기원을 설명하는 이론 중 가장 많은 지지를 받는 대폭발 이론을 지지하는 관측 사실들을 이해하고, 예측되는 우주의 미래상과 그것을 결정짓는 요인들을 설명할 수 있다.

[12고지03-28] 허블 법칙의 의미와 문제점을 알고 우주론의 원리 및 우주 모형, 우주의 역사와 미래에 대해 설명할 수 있다.

4. 교수·학습 및 평가의 방향

가. 교수·학습 방향

(1) '고급 지구과학'의 교수·학습은 지구, 우주 및 지구 환경과 관련된 주요 개념 체계 중심으로 접근하며, 지구 과학의 최근 연구 동향과 성과 등을 소개하여 진로 탐색에 활용하도록 한다. 학생들의 관심에 따라 고체지구, 대기와 해양, 우주의 한 영역 또는 한 영역의 일부를 주제에 맞게 수업 시기와 장소를 선정하여 운영할 수 있다. 학생의 수준과 흥미, 학교와 지역 사회의 특성 등을 고려하여 고체지구, 대기와 해양, 우주의 내용을 상호 관련시켜서 이들 내용이 통합적으로 이해되도록 내용을 재구성하거나 다양한 학습 방법을 활용하여 지도할 수 있다. 지구과학 분야의 핵심개념을 중심으로 과학 및 과학과 관련된 사회적 쟁점에 대한 자료를 읽고, 이를 활용한 과학 글쓰기와 토론을 통하여 과학적 사고력, 창의적 사고력 및 의사소통 능력 등과 같은 과학과 핵심 역량을 함양할 수 있도록 지도한다.

(2) 탐구 과정을 학습 내용과 적절히 관련시켜 지도함으로써 탐구 능력을 신장시킨다. 또한, 탐구 활동에서 모둠 학습의 경험을 통해 과학 탐구에서 상호 협력이 중요함을 인식시킨다. 탐구 능력 신장과 더불어 과학과 핵심 역량인 문제 인식, 탐구 설계와 수행, 자료의 수집, 분석 및 해석, 수학적 사고와 컴퓨터 활용, 모형의 개발과 사용, 증거에 기초한 토론과 논증, 결론 도출 및 평가, 의사소통 등을 적용하고 신장할 수 있는 기회를 제공한다. 역량 개발은 강의 및 탐구 수업 모두에서 가능하지만 특히 모둠 활동 중에 학생들 간의 상호 작용을 통해 더 효과적으로 개발할 수 있다.

(3) 특히 교수·학습 활동은 가능한 한 학생 참여형으로 진행하며, 수업에서 의사소통을 할 때에는 자신의 의견을 명확히 표현하고 다른 사람의 의견을 존중하는 태도를 가지게 한다. 강의, 토론, 실험, 조사, 견학, 과제연구 등과 같은 다양한 교수·학습 방법을 지구과학 내용과 학생들의 준비 수준에 맞게 적절히 사용한다. 개방적 질문이나 문제 제기를 통해 학생의 고차원적인 사고를 개발하도록 하고, 지구 과학 학습 능력이 뛰어난 학생에게는 그 능력에 따라 교과 내용보다 높은 수준의 학습 자료를 제공하여 수준별 학습이 되도록 한다.

(4) 첨단 과학, 과학사, 과학과 기술, 과학과 사회, 환경 등 다양한 주제에 관한 책, 미디어 등을 활용하도록 권장함으로써 과학·기술·사회의 상호 관련성을 융합적으로 이해시키고, 최신 과학과 실시간 자료를 활용하여 학습 자료로 활용한다.

(5) 실험 활동은 그 목적과 방법을 이해하고 수행함으로써 유의미한 활동이 되도록 한다. 실험을 하기 전에 안전교육을 반드시 실시하고, 실험 과정에서 안전 수칙을 준수하며 사고 발생 시 대처 방안을 미리 수립한다.

(6) 제한된 시·공간에서 지구과학적 현상을 재현하여 관찰, 실험할 경우 실제와 차이가 있음을 인식

시키고, 가능한 실제 자연을 대상으로 야외에서 학습하는 기회를 포함하도록 한다. 야외 탐구 활동 및 현장 학습 시에는 반드시 사전 답사를 실시하고 관련 자료를 조사하여 안전하고 효과적인 수업이 되도록 지도한다.

나. 평가 방향

'고급 지구과학'의 평가는 기본 개념의 이해, 과학의 탐구 능력, 과학적 태도, 과학과 핵심 역량 등을 균형 있게 평가하며, 특히 다음 사항에 주안점을 둔다.

(1) 지구, 우주 및 지구환경과 관련된 기본 개념의 이해는 개념별 이해보다는 핵심개념을 중심으로 한 통합적 이해 및 일상생활 문제 해결에 개념을 활용하는 능력을 평가하도록 한다.
(2) 탐구 활동 수행 능력과 과학과 핵심 역량 및 이를 일상생활 문제 해결에 활용하는 능력을 평가한다.
(3) 모둠 활동 및 탐구 활동에 대한 수행평가를 통해 과학에 대한 흥미와 가치 인식, 과학 학습 참여의 적극성, 협동성, 과학적으로 문제를 해결하는 태도, 창의성 등을 평가한다.
(4) 평가는 선다형, 서술형 및 논술형, 관찰, 보고서 검토, 실기 검사, 면담, 포트폴리오 등의 다양한 방법을 활용한다.
(5) 평가는 설정된 성취기준에 근거하여 실시하고, 그 결과를 학습 지도 계획 수립과 지도 방법 개선, 진로 지도 등에 활용한다.
(6) 평가는 평가 계획 수립, 평가 문항과 도구 개발, 평가의 시행, 평가 결과의 처리, 평가 결과의 활용 등의 절차를 거쳐 실시한다.

물리학 실험

1. 성격

'물리학 실험'은 '물리학Ⅰ' 또는 '물리학Ⅱ'를 이수한 학생들이 심화된 수준으로 물리학 실험 탐구를 해 봄으로써 이공계로 진학하였을 때 필요한 실험 및 탐구 역량을 기르기 위한 과목으로 물리학에 흥미와 관심이 있는 일반계 고등학교 또는 과학 계열 고등학교 학생을 대상으로 한다.

'물리학 실험'은 '실험의 기초', '역학', '전자기학', '광학', '현대 물리' 영역의 실험으로 구성된다.

'물리학 실험'에서는 다양한 탐구 중심의 학습이 이루어지도록 한다. 또한 기본 개념의 통합적인 이해 및 과학의 탐구 경험을 통하여 과학적 사고력, 과학적 탐구 능력, 과학적 문제 해결력, 과학적 의사소통 능력, 과학적 참여와 평생 학습 능력 등의 과학과 핵심역량을 함양하도록 한다.

과학적 사고력은 과학적 주장과 증거의 관계를 탐색하는 과정에서 필요한 사고이다. 과학적 세계관 및 자연관, 과학의 지식과 방법, 과학적인 증거와 이론을 토대로 합리적이고 논리적으로 추론하는 능력, 추리 과정과 논증에 대해 비판적으로 고찰하는 능력, 다양하고 독창적인 아이디어를 산출하는 능력 등을 포함한다.

과학적 탐구 능력은 과학적 문제 해결을 위해 실험, 조사, 토론 등 다양한 방법으로 증거를 수집, 해석, 평가하여 새로운 과학 지식을 얻거나 의미를 구성해 가는 능력을 말한다. 과학적 탐구를 위해서는 과학 탐구 기능과 지식을 통합하여 적용하고 활용하는 능력이 필요하며 과학적 사고력이 이 과정에 기초가 된다.

과학적 문제 해결력은 과학적 지식과 과학적 사고를 활용하여 개인적 혹은 공적 문제를 해결하는 능력이다. 일상생활의 문제를 해결하기 위해 문제와 관련 있는 과학적 사실, 원리, 개념 등의 지식을 생각해 내고 활용하며 다양한 정보와 자료를 수집, 분석, 평가, 선택, 조직하여 가능한 해결 방안을 제시하고 실행하는 능력이 필요하다. 문제 해결력은 문제 해결 과정에 대한 반성적 사고 능력과 문제 해결 과정에서의 합리적 의사 결정 능력도 포함한다.

과학적 의사소통 능력은 과학적 문제 해결 과정과 결과를 공동체 내에서 공유하고 발전시키기 위해 자신의 생각을 주장하고 타인의 생각을 이해하며 조정하는 능력을 말한다. 말, 글, 그림, 기호 등 다양한 양식의 의사소통 방법과 컴퓨터, 시청각 기기 등 다양한 매체를 통하여 제시되는 과학기술 정보를

이해하고 표현하는 능력, 증거에 근거하여 논증 활동을 하는 능력 등을 포함한다.

과학적 참여와 평생 학습 능력은 사회에서 공동체의 일원으로 합리적이고 책임 있게 행동하기 위해 과학기술의 사회적 문제에 대한 관심을 가지고 의사 결정 과정에 참여하며 새로운 과학기술 환경에 적응하기 위해 스스로 지속적으로 학습해 나가는 능력을 가리킨다.

2. 목표

학생들은 다양한 개방적 탐구 및 문제 해결 과제 들을 수행하여 독창적이고 자기 주도적인 물리 탐구 능력을 개발한다. 이를 위한 세부 목표는 다음과 같다.

가. 물리학 학습에 호기심과 흥미를 가지고 창의융합적으로 문제를 해결하려는 태도를 기른다.
나. 자연 현상 및 첨단 기술과 관련된 문제 해결에 활용된 물리학의 탐구 방법을 이해한다.
다. 물리 개념의 심화된 내용을 자연 현상의 탐구와 문제 해결에 적용한다.
라. 물리학 실험과 관련된 안전 및 윤리적 문제를 이해하고 적용한다.

3. 내용 체계

가. 내용 체계

영역	핵심 개념	일반화된 지식	내용 요소 물리학실험	기능
실험의 기초	물리량의 측정	물리량은 표준화된 측정 도구를 사용하여 측정한다.	• 측정 도구 • 측정 방법	
	실험 장비의 사용	실험 장비는 사용법 및 관련 안전 규칙이 있다.	• 실험 장비 사용법 • 안전 규칙	
	자료의 해석 및 처리	실험에서는 오차가 발생한다.	• 측정과 오차 • 유효숫자 • 표와 그래프 그리기	
	실험 보고서 작성	실험 보고서에 실험의 과정과 결과를 기록한다.	• 실험 보고서 작성 방법	

영역	핵심 개념	일반화된 지식	내용 요소 물리학실험	기능
역학	운동과 에너지	물체의 운동과 에너지는 실험을 통해 분석할 수 있다.	• 등가속도 직선 운동 • 뉴턴 운동 법칙 • 마찰력 • 자유 낙하 운동 • 포물선 운동 • 원운동 • 주기 운동 • 운동량 보존 • 2차원 충돌 • 일과 에너지의 관계 • 역학적 에너지 보존	• 문제 인식 • 탐구 설계와 수행 • 자료의 수집·분석 및 해석 • 수학적 사고와 컴퓨터 활용 • 모형의 개발과 사용 • 증거에 기초한 토론과 논증 • 결론 도출 및 평가 • 의사소통
	열	열역학과 관련된 실험을 설계하여 수행한다.	• 얼음의 융해열 측정 • 열의 일당량, 열팽창	
전자기학	전기장	전기장과 전위를 실험을 통해 확인한다.	• 전기장과 등전위선 • 축전기	
	전류의 자기 작용	전자기 유도를 실험을 통해 확인한다.	• 전류에 의한 자기장 • 전자기력 • 전자기 유도	
	전기 회로	여러 가지 전기 회로와 관련된 실험을 통해 회로 특성을 분석한다.	• 옴의 법칙 • 기전력과 내부 저항 • 휘트스톤 브리지 • RC회로 • RL회로 • 교류 RLC 회로 • 반도체 회로	
광학	파동의 특성	파동의 다양한 성질을 실험을 통해 재현하고 확인한다.	• 파동의 반사와 굴절 • 파동의 간섭 및 회절 • 정상파와 공명	
	빛의 특성	빛의 성질은 거울, 렌즈, 슬릿 등을 이용한 실험을 통해 재현하고 확인한다.	• 거울과 렌즈에 의한 상 • 굴절과 전반사 • 슬릿에 의한 회절과 간섭 • 분광기 • 마이컬슨 간섭계 • 편광판	
현대 물리	빛의 이중성	광전 효과 실험을 통해 빛의 입자성을 확인한다.	• 광전 효과	

영역	핵심 개념	일반화된 지식	내용 요소 물리학실험	기능
	원자의 구조	다양한 실험으로 원자의 구조를 알아낼 수 있다.	• 음극선 실험 • 전하의 비전하 측정 • 밀리컨의 기름방울 실험 • 전자의 에너지 준위	
	원자핵과 방사능	우리 일상에서 발생하는 방사선을 실험을 통해 알아낼 수 있다.	• 방사선 측정 실험 • 안개상자	

나. 성취기준

(1) 탐구의 기초

물리학 실험에서 측정은 가장 기본적인 역량이며 측정에서 오차를 분석하는 일은 매우 중요하다. 오차 분석을 바탕으로 한 데이터 정리, 그래프, 표 등 자료 처리 등은 실험 보고서 작성에서 빠질 수 없는 부분이다. 최근에는 보다 정확한 측정을 위해 MBL 장치 등을 이용하여 실험을 수행한다.

[12물실01-01] 측정 계기의 정확도와 정밀도를 인식하는 것의 중요성을 이해하고, 오차의 원인과 종류, 오차의 해석, 오차의 전파에 대해 설명할 수 있다.
[12물실01-02] 유효숫자의 의미를 이해하고, 적절하게 사용할 수 있다.
[12물실01-03] 측정 자료와 실험 결과를 표와 그래프 등으로 적절하게 변환하고 해석할 수 있다.
[12물실01-04] 실험 보고서의 구성과 형식을 이해하고 작성할 수 있다.
[12물실01-05] 길이, 질량, 시간 등과 같은 기본적인 물리량을 측정을 할 수 있다.
[12물실01-06] 전압, 전류, 저항을 회로 시험기 등을 이용해 측정할 수 있다.
[12물실01-07] 오실로스코프 장치의 사용법을 알고, 함수 발생기를 연결하여 파형을 분석할 수 있다.
[12물실01-08] 컴퓨터와 각종 센서를 이용하는 실험을 수행하고 측정한 자료를 처리할 수 있다.

(2) 역학

역학의 기본적인 실험에는 등가속도 직선 운동, 뉴턴 운동 법칙, 마찰력 실험, 자유 낙하 실험, 원운동 실험, 진자 운동 실험, 충돌 실험, 용수철 진자 실험 등이 있다. 이들 실험은 변인 통제를 통해 실험을 설계하며, 동영상 등을 통해 분석할 수 있다. 아울러 여러 물리 법칙을 이용하여 설명과 예측이 가능하다. 열역학 실험은 얼음의 융해열, 열의 일당량, 고체의 열팽창 실험이 있다.

[12물실02-01] 독립 변인과 종속 변인을 구분하고 변인 통제의 중요성을 설명할 수 있다.
[12물실02-02] 시간에 따른 물체의 속도와 가속도를 측정하여 등가속도 직선 운동을 해석할 수 있다.
[12물실02-03] 일정한 크기의 힘이 물체에 작용할 때 질량과 가속도 사이의 관계를 실험으로 확인할 수 있다.
[12물실02-04] 두 물체 사이의 접촉면의 성질에 따른 마찰력의 크기를 실험을 통해 비교할 수 있다.
[12물실02-05] 실험을 통해 중력 가속도를 측정할 수 있다.
[12물실02-06] 원운동 하는 물체의 구심력과 관련된 물리량을 실험을 통해 확인할 수 있다.
[12물실02-07] 진자의 주기에 영향을 주는 요인들을 실험을 통해 확인할 수 있다.
[12물실02-08] 두 물체가 접촉하고 있다가 서로 밀어서 떨어질 때 총 운동량이 보존됨을 실험을 통해 확인할 수 있다.
[12물실02-09] 두 물체가 충돌할 때 운동량의 변화를 조사하고 운동량 보존 법칙을 도출할 수 있다.
[12물실02-10] 용수철 진자 실험을 통해 역학적 에너지가 보존됨을 확인할 수 있다.
[12물실02-11] 열량계를 이용해 얼음의 융해열을 측정하고, 물의 상태 변화에 따른 온도 변화를 설명할 수 있다.
[12물실02-12] 줄의 실험 장치를 이용하여 열의 일당량을 측정할 수 있다.
[12물실02-13] 여러 가지 고체의 열팽창을 비교하는 실험을 설계하여 수행할 수 있다.

(3) 전자기학

전자기 현상을 다루는 실험에는 정전기를 이용한 축전기, 전위와 전기장 실험이 있으며 전류와 전기 저항을 이용한 옴의 법칙, 단자 전압, 휘트스톤브리지 실험이 있다. 전류에 관한 실험에는 자기 작용을 이용한 직선 도선, 전동기, 유도 기전력 실험이 있으며, 저항, 코일, 축전기, 다이오드를 이용한 전기 회로 실험이 있다.

[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] 직선 도선으로부터의 거리 및 전류의 세기와 자기장과의 관계를 실험을 통해 확인할 수 있다.
[12물실03-07] 자기장 속에서 전류가 흐르는 도선이 받는 힘의 크기와 방향에 영향을 주는 요인을 실험을 통해 확인할 수 있다.
[12물실03-08] 코일에 발생하는 유도 기전력의 크기와 방향에 영향을 주는 요인을 실험을 통해 확인할 수

있다.
[12물실03-09] RC, RL 직렬 회로에서 시간 상수를 측정하는 실험을 설계하여 수행할 수 있다.
[12물실03-10] RLC 회로의 특성을 실험을 통해 확인할 수 있다.
[12물실03-11] p-n 접합 다이오드의 정류 특성을 실험을 통해 확인하고 정류 회로를 만들 수 있다.

(4) 광학

파동의 반사, 굴절, 간섭, 회절 특성을 알아보기 위해서는 수면파 발생 장치를 이용한 실험이 있으며, 현과 관을 이용한 정상파 실험이 있다. 빛의 반사와 굴절 특성을 알아보기 위해서는 구면 거울, 전반사, 볼록 렌즈, 오목 렌즈를 이용한 실험이 있으며, 빛의 회절과 간섭 특성을 알아보기 위해서는 단일 슬릿, 이중 슬릿, 다중 슬릿, 마이컬슨 간섭계, 분광계 실험이 있다. 그리고 입체 영상 실험을 통해 빛의 편광 현상을 알아볼 수 있다.

[12물실04-01] 수면파의 반사와 굴절 현상을 관찰할 수 있는 실험을 통해 파동의 반사와 굴절의 규칙성을 확인할 수 있다.
[12물실04-02] 수면파 발생 장치를 이용하여 두 파동의 보강, 상쇄 간섭 조건을 확인할 수 있다.
[12물실04-03] 수면파 발생 장치를 이용하여 수면파의 회절 정도에 영향을 주는 요인을 확인할 수 있다.
[12물실04-04] 정상파와 공명 현상이 일어나는 조건을 실험을 통해 확인할 수 있다.
[12물실04-05] 구면 거울에 의해 상이 형성되는 원리를 실험을 통해 확인할 수 있다.
[12물실04-06] 빛이 매질의 경계면에서 굴절하는 현상을 관찰하여 매질의 굴절률을 구하고 전반사의 조건을 찾을 수 있다.
[12물실04-07] 볼록 렌즈와 오목 렌즈에 의한 상을 관찰하여 렌즈 방정식을 도출할 수 있다.
[12물실04-08] 레이저를 이용해 이중 슬릿에 의한 빛의 간섭 현상을 관찰하며 간섭무늬에 대한 공식을 이용하여 빛의 파장을 구할 수 있다.
[12물실04-09] 마이컬슨 간섭계를 이용하여 물이나 공기와 같은 투명한 매질의 굴절률을 측정할 수 있다.
[12물실04-10] 단일 슬릿, 다중 슬릿 등에 의한 무늬가 슬릿의 폭, 슬릿의 간격, 빛의 파장에 따라 어떻게 나타나는지 실험을 통해 측정하고 변인 관계를 수식으로 표현할 수 있다.
[12물실04-11] 분광계로 여러 가지 광원에 의한 스펙트럼을 관찰하여 그 특징을 비교할 수 있다.
[12물실04-12] 편광에 의해 나타나는 현상을 실험을 통해 확인할 수 있다.

(5) 현대 물리

광전 효과 실험을 통해 빛의 이중성을 알아볼 수 있으며, 음극선, 전자의 비전하 측정, 밀리컨의 기름방울, 프랑크-헤르츠 실험을 통해 원자의 구조를 이해할 수 있다. 그리고 방사선 측정과 안개상자 실험을 통해 원자핵에서 방사능이 방출됨을 확인할 수 있다.

[12물실05-01] 광전 효과 실험을 통해 빛의 세기와 광전류 세기 사이의 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] 전자의 기본 전하량을 측정한 밀리컨의 기름방울 실험을 재현하고, 그 원리를 설명할 수 있다.
[12물실05-05] 원자 내부의 전자가 특정한 에너지 준위를 가지고 있음을 실험을 통해 확인할 수 있다.
[12물실05-06] 방사선 측정기를 이용하여 여러 가지 물질의 방사선량을 측정할 수 있다.
[12물실05-07] 간이 안개상자를 만들어 방사능 물질로부터 방출되는 여러 입자의 특성을 관찰할 수 있다.

4. 교수·학습 및 평가의 방향

가. 교수·학습 방향

'물리학 실험'의 교수·학습은 이공계 진학을 희망하는 학생의 기초 지식 및 탐구 능력을 개발하기 위해 학생의 능력에 맞는 심화된 내용을 다룬다. 학생들이 적극적으로 참여하는 실험과 관찰 위주로 과학적인 경험을 쌓을 수 있는 기회를 적절히 제공하고, 다양한 개방적 탐구 및 문제 해결 과제 등을 수행할 기회를 제공하여 독창적이고 자기 주도적인 물리 탐구 능력을 개발한다. 과학과 교육과정의 주요 역량인 문제 인식, 탐구 설계와 수행, 자료의 수집·분석 및 해석, 수학적 사고와 컴퓨터 활용, 모형의 개발과 사용, 증거에 기초한 토론과 논증, 결론 도출 및 평가, 의사소통 능력을 적용하여 신장할 수 있는 기회를 제공한다. '물리학 실험'에서는 주로 실험 활동이 이루어지나, 강의, 토론, 조사, 견학, 과제 연구 등의 다양한 교수·학습 방법을 수업 시간에 활용할 수 있다. 또한 개방적 질문이나 문제 제기를 통해 학생의 고차원적인 사고를 개발하도록 한다.

(1) '물리학 실험'은 학생 및 학교의 실정에 따라, 학생의 능력과 흥미 등을 고려하여 내용을 재구성하여 실험할 수 있다.
(2) 학교의 실정에 따라 자료를 준비하기 어렵거나 탐구 활동이 어려운 경우에는 교육과정의 목표에 부합하는 자료나 활동으로 대체할 수 있다.
(3) 원리를 확인하기 위한 실험보다는 실험을 통하여 관련된 개념과 원리를 파악하여 일반화할 수 있도록 지도한다.
(4) 실험 활동 대신에, 주어진 자료를 분석하고 종합하여 결론을 도출하는 방법과 토론법 등의 교수·학습 방법을 활용할 수 있다.

(5) 학생의 이해를 돕거나 흥미를 유발하기 위하여 모형이나 시청각 자료, 소프트웨어, 인터넷 자료 등을 활용할 수 있도록 준비한다.
(6) 실험하기 전에 실험실 안전 수칙을 확인하여 준수하고, 사고 발생 시 대처 방안을 숙지하도록 한다. 특히, 전기 기구를 다룰 때나 위험 요소가 있는 실험은 사전에 감전, 화재, 기구 파손 등 안전사고에 대처하는 방법을 지도한다.
(7) 첨단의 고급 물리 실험 기기, 컴퓨터 활용 실험(MBL)과 물리 시뮬레이션을 활용한 실험을 적극 활용할 수 있도록 한다.
(8) 실험 내용에 따라서는 과외 활동이나 과제 연구 내용 등을 활용할 수 있다.
(9) 안내된 형태의 실험보다는 학생 스스로 실험 계획을 세워 수행함으로써 탐구 능력이 신장되도록 한다.
(10) 실험 수행 및 보고서 작성에 첨단 과학, 과학자, 과학사 등과 관련된 자료를 참고할 수 있다.

나. 평가 방향

'물리학 실험'의 평가는 학생의 기본 개념의 이해, 과학 탐구 능력 및 태도를 평가한다. 특히 과학의 주요 기능인 문제 인식, 탐구 설계와 수행, 자료의 수집·분석 및 해석, 수학적 사고와 컴퓨터 활용, 모형의 개발과 사용, 증거에 기초한 토론과 논증, 결론 도출 및 평가, 의사소통 능력을 고르게 평가하도록 한다. 기본 개념의 이해는 개념별 이해보다는 개념 통합적 이해 및 그 적용 능력을 강조한다. 모둠 활동을 통한 수행평가를 이용하여 과학 관련 태도로서 적극성, 협동성, 문제 해결 태도 등을 평가한다. 단편적 지식의 암기 또는 복잡한 계산 능력의 평가는 지양한다.

평가 방식은 지필 선다형, 서술형 및 논술형, 보고서, 장기적인 포트폴리오, 모둠 활동, 자유탐구, 탐구 과정 평가 등을 활용한다. 평가는 평가 계획 수립, 평가 문항 및 도구의 개발, 평가의 시행, 평가 결과의 처리 및 활용 등의 절차를 거쳐 실시한다. '물리학 실험'의 구체적인 평가 방향은 다음과 같다.

(1) 개념의 위계와 학습 지도 계획을 고려하여 평가의 시기를 결정한다.
(2) 각 실험에서 평가하고자 하는 물리 개념 요소, 실험 방법 요소 그리고 실험 태도 요소를 명확히 한다.
(3) 지필 평가와 수행평가의 비율, 각 평가의 방법을 학기 초에 명확히 한다.
(4) 학습자 개개인의 물리 개념의 이해와 응용 능력을 평가한다.
(5) 문제 해결력과 문제 해결 과정 중에 나타나는 창의력을 평가한다.
(6) 실험 기구 조작 능력과 실험 수행 능력을 평가한다.
(7) 데이터 처리 능력과 결과 분석 능력을 평가한다.
(8) 계속 탐구하려는 의욕, 상호 협동, 증거 존중 등 과학적 태도를 평가한다.
(9) 평가는 선다형, 서술형 및 논술형과 같은 지필 평가 이외에도 실험 교과의 특성을 반영하여 관

찰, 실기 검사, 면담, 포트폴리오 등의 다양한 방법을 활용한다.

⑽ 타당도와 신뢰도가 높은 평가를 위해서 가능하면 공동으로 평가 도구를 개발하여 활용한다.

⑾ 평가 결과를 학생들에게 피드백 하여 다음 학습 계획에 반영되도록 한다.

⑿ 평가 결과에 근거하여 다음 교수·학습 계획을 수립한다.

화학 실험

1. 성격

‘화학 실험’은 ‘고급 화학’을 이수한 과학 계열 고등학교 학생이나 일반계 고등학교에서 과학 과목 중점 교육과정을 이수하는 학생을 대상으로, 심화된 화학 실험의 원리와 기능을 익혀 물질 현상을 체계적으로 탐구함으로써 화학 개념의 심도 있는 이해를 도모하고 장차 자연 과학과 공학 분야에서 물질에 대한 탐구를 과학적으로 수행하는 능력을 기르기 위한 과목이다.

‘화학 실험’은 ‘통합과학’, ‘화학Ⅰ, Ⅱ’, ‘고급 화학’에 포함된 화학 개념과 긴밀한 연계를 가질 수 있도록 구성한다.

‘화학 실험’의 내용은 실험 기구의 선택과 실험실 안전 같은 화학 실험의 기초를 다루고, 기체의 물리량 측정과 주기적 성질 등 물질의 성질을 확인하고, 다양한 물질의 분리 방법과 중화 적정이나 산·염기 적정 같은 여러 가지 화학 반응을 다루며, 탄화수소와 탄화수소 유도체의 성질을 확인하고 방향족과 방향족 유도체의 성질을 다룬다.

‘고급 화학’에서는 다양한 탐구 중심의 학습이 이루어지도록 한다. 또한 기본 개념의 통합적인 이해 및 과학의 탐구 경험을 통하여 과학적 사고력, 과학적 탐구 능력, 과학적 문제 해결력, 과학적 의사소통 능력, 과학적 참여와 평생 학습 능력 등의 과학과 핵심역량을 함양하도록 한다.

과학적 사고력은 과학적 주장과 증거의 관계를 탐색하는 과정에서 필요한 사고이다. 과학적 세계관 및 자연관, 과학의 지식과 방법, 과학적인 증거와 이론을 토대로 합리적이고 논리적으로 추론하는 능력, 추리 과정과 논증에 대해 비판적으로 고찰하는 능력, 다양하고 독창적인 아이디어를 산출하는 능력 등을 포함한다.

과학적 탐구 능력은 과학적 문제 해결을 위해 실험, 조사, 토론 등 다양한 방법으로 증거를 수집, 해석, 평가하여 새로운 과학 지식을 얻거나 의미를 구성해 가는 능력을 말한다. 과학적 탐구를 위해서는 과학 탐구 기능과 지식을 통합하여 적용하고 활용하는 능력이 필요하며 과학적 사고력이 이 과정에 기초가 된다.

과학적 문제 해결력은 과학적 지식과 과학적 사고를 활용하여 개인적 혹은 공적 문제를 해결하는 능

력이다. 일상생활의 문제를 해결하기 위해 문제와 관련 있는 과학적 사실, 원리, 개념 등의 지식을 생각해 내고 활용하며 다양한 정보와 자료를 수집, 분석, 평가, 선택, 조직하여 가능한 해결 방안을 제시하고 실행하는 능력이 필요하다. 문제 해결력은 문제 해결 과정에 대한 반성적 사고 능력과 문제 해결 과정에서의 합리적 의사 결정 능력도 포함한다.

과학적 의사소통 능력은 과학적 문제 해결 과정과 결과를 공동체 내에서 공유하고 발전시키기 위해 자신의 생각을 주장하고 타인의 생각을 이해하며 조정하는 능력을 말한다. 말, 글, 그림, 기호 등 다양한 양식의 의사소통 방법과 컴퓨터, 시청각 기기 등 다양한 매체를 통하여 제시되는 과학기술 정보를 이해하고 표현하는 능력, 증거에 근거하여 논증 활동을 하는 능력 등을 포함한다.

과학적 참여와 평생 학습 능력은 사회에서 공동체의 일원으로 합리적이고 책임 있게 행동하기 위해 과학기술의 사회적 문제에 대한 관심을 가지고 의사 결정 과정에 참여하며 새로운 과학기술 환경에 적응하기 위해 스스로 지속적으로 학습해 나가는 능력을 가리킨다.

2. 목표

'화학 실험'은 심화된 화학 실험의 원리와 기능을 익혀, 물질 현상을 체계적으로 탐구하여 화학 개념을 심도 있게 이해하고, 물질에 대한 탐구를 과학적으로 수행하는 능력을 기르고자 한다.

가. 물질 현상에 대한 호기심과 흥미를 갖고, 문제를 과학적으로 해결하려는 태도를 기른다.
나. 물질 현상과 일상생활의 문제를 과학적으로 탐구하는 능력을 기른다.
다. 물질 현상을 탐구하여 과학의 핵심 개념을 이해한다.
라. 과학과 기술 및 사회의 상호 관계를 인식하고, 이를 바탕으로 민주 시민으로서의 소양을 기른다.
마. 화학 학습의 즐거움과 과학의 유용성을 인식하여 평생 학습 능력을 기른다.

3. 내용 체계

가. 내용 체계

영역	핵심 개념	일반화된 지식	내용 요소 화학 실험	기능
화학 실험의 기초	실험의 준비	실험을 시작 전에 여러 가지 준비를 철저히 한다.	• 실험의 목적과 이론 파악하기 • 사용할 시약과 기구의 특징 조사하기 • 실험 과정 이해하기 • 실험 노트 작성하기	• 문제 인식 • 탐구 설계와 수행 • 자료의 수집· 분석 및 해석 • 수학적 사고와 컴퓨터 활용 • 모형의 개발과 사용 • 증거에 기초한 토론과 논증 • 결론 도출 및 평가 • 의사소통
	측정과 계산	물리량은 정확히 측정하여 계산 값을 유효숫자 처리 규칙에 맞게 올바른 단위와 함께 표현한다.	• 유효숫자 처리 • 단위 사용 • 데이터 처리	
	기구의 선택과 조작	실험 기구의 특징과 용도를 이해하여 적절한 기구를 선택하여 올바르게 조작한다.	• 여러 가지 액체 부피 측정 도구의 특징과 사용법 • 여러 가지 질량 측정 도구의 특징과 사용법 • 여러 가지 시약 용기의 특징과 사용법 • 여러 가지 가열 도구의 특징과 사용법	
	컴퓨터를 이용한 실험	컴퓨터를 이용하여 다양한 실험 데이터를 수집하고 표와 그래프를 그리고 계산할 수 있다.	• 컴퓨터를 이용한 데이터 수집 장치 • 분광 광도계의 사용법 • 엑셀을 활용한 데이터 처리	
	실험실 안전	여러 가지 실험실 주의 사항을 익혀 안전하게 실험을 수행한다.	• 시약 취급법 • 일반적인 폐기물 처리법 • 안전사고 대처 방법 • 실험실에서 지켜야 할 규칙	
	실험 보고서 작성	실험 보고서를 올바르게 작성한다.	• 실험 보고서의 작성법 • 각주와 미주 다는 법 • 참고 문헌 작성법	
물질의 성질	원소의 주기적 성질	같은 족 원소들은 주기적 성질을 나타낸다.	• 불꽃 반응과 선 스펙트럼 • 알칼리 금속의 주기적 성질 • 할로젠의 반응성	
	기체의 물리량 측정	이상 기체 방정식을 이용하여 여러 가지 기체의 물리량을 측정한다.	• 이상 기체 방정식으로 기체 상수 결정 • 기체의 분자량 측정	

영역	핵심 개념	일반화된 지식	내용 요소 화학 실험	기능
	고체의 구조 분석	고체의 결정 구조는 단위세포로 분석한다.	• 2차원 격자 구조의 단위세포 결정 • 금속 결정의 단위세포 만들기	
물질의 분리	용해도 차	용해도 차를 이용하여 혼합물을 분리할 수 있다.	• 중력 거름, 감압 거름 • 추출 • 분별 결정 • 크로마토그래피	
	끓는점 차	끓는점 차를 이용하여 액체 혼합물을 분리할 수 있다.	• 증류 • 분별 증류	
화학 반응	용액의 제조	다양한 농도의 용액을 제조할 수 있다.	• 퍼센트 용액의 제조 • 몰 용액의 제조, • 몰랄 농도 용액의 제조	
	총괄성	묽은 용액의 총괄성을 이용하여 화학식량을 측정할 수 있다.	• 액체의 증기압 측정 • 어는점 내림에 의한 화학식량 측정 • 삼투압을 이용한 화학식량 측정 • 콜로이드의 성질	
	열화학	화학 반응에서는 반응열이 출입한다.	• 반응열 측정 • 총열량 불변의 법칙	
	화학 평형	가역 반응은 화학 평형에 도달하고, 농도, 온도, 압력의 변화에 의하여 평형은 이동한다.	• 화학 평형 상수 결정 • 평형의 이동 • 공통 이온 효과	
	산·염기 평형	산과 염기는 이온화 평형을 이루고 중화 반응에 의해 평형이 이동한다.	• pH • 지시약의 변색 범위 • 중화 적정	
	산화·환원 적정	산화·환원 반응의 양적 관계를 이용하여 미지 물질의 양을 알아낼 수 있다.	• 과망가니즈산 적정 • 아이오딘 적정	
	전기 화학	화학 에너지와 전기 에너지는 산화·환원 반응에 의하여 상호 전환된다.	• 화학 전지 • 전기 분해	
	반응속도	물질의 반응 속도는 농도, 온도, 촉매에 의존한다.	• 반응 차수 구하기 • 반응 속도에 미치는 농도, 온도, 촉매의 영향	

영역	핵심 개념	일반화된 지식	내용 요소 화학 실험	기능
탄소 화합물의 합성과 특성	탄화수소의 성질	탄화수소는 화학 결합에 따라 공통성과 차이점을 가진다.	• 탄화수소의 성질 • 불포화 탄화수소의 제법과 성질	
	탄화수소 유도체의 성질	탄화수소 유도체는 작용기에 따라 독특한 성질을 나타낸다.	• 알코올의 산화 반응과 산화물의 성질 • 페놀류의 성질 • 아스피린의 합성 • 나이트로 벤젠의 합성 • 나일론과 폴리에스터의 합성 • 비누의 제조	
	방향족과 방향족 유도체의 성질	방향족과 방향족 유도체는 지방족 탄화수소와 다른 성질을 가진다.	• 방향족의 성질 • 페놀류의 성질 • 아스피린의 합성	

나. 성취 기준

(1) 화학 실험의 기초

이 단원에서는 실험을 시작하기 전에 준비할 사항과 실험의 수행을 위해 기본적으로 알아야 할 측정과 계산의 원칙, 기구 선택과 조작 방법, 컴퓨터를 실험에 활용하는 방법, 실험실 안전, 실험 보고서 작성법을 익혀 실험할 준비를 할 수 있도록 한다.

[12화실01-01] 실험을 수행하기에 앞서 실험의 목적을 파악하여 그에 필요한 자료를 화학 정보 검색을 통해 구할 수 있다.

[12화실01-02] 화학 정보 탐색을 체계적으로 수행하여 사용할 시약과 기구의 특징을 조사하고 실험 노트에 정리하여 실험을 효율적으로 수행하고 안전사고를 예방할 수 있다.

[12화실01-03] 실험 과정을 이해하여 순서대로 설명할 수 있으며 중요 실험 장치를 그림으로 그리고 각 기능을 설명할 수 있다.

[12화실01-04] 실험 기구의 눈금에 따라 측정값의 유효숫자가 달라짐을 설명할 수 있고, 실험에서 요구되는 정밀도에 따라 실험 기구를 선택할 수 있다.

[12화실01-05] 데이터 처리 과정에서 유효숫자 처리 원칙에 맞게 계산 결과를 나타낼 수 있다.

[12화실01-06] 국제 표준 단위를 사용하여 복합 단위와 관용 단위를 나타낼 수 있다.

[12화실01-07] 측정값과 계산 값을 과학적 표기법과 올바른 단위를 사용하여 나타낼 수 있다.

[12화실01-08] 액체 부피 측정 도구인 눈금 실린더, 눈금 피펫, 부피 피펫, 부피 플라스크 등의 특징과

사용법을 익혀 실험에서 요구되는 정밀도에 따라 기구를 선택하여 올바르게 사용할 수 있다.

[12화실01-09] 질량 측정 도구인 화학 저울과 전자저울의 특징과 사용법을 익혀 실험에서 요구되는 정밀도에 따라 기구를 선택하여 올바르게 사용할 수 있다.

[12화실01-10] 뷰렛과 삼각 플라스크의 사용법을 익혀 적정 실험을 수행할 수 있다.

[12화실01-11] 시약을 담아 옮기거나 반응시키는 시험관, 비커, 플라스크의 특징과 사용법을 익혀 올바르게 선택하여 사용할 수 있다.

[12화실01-12] 여러 가지 가열 도구의 특징과 사용법을 익혀 올바르게 선택하여 사용할 수 있다.

[12화실01-13] 고체·액체 시약을 더는 방법, 시약의 질량을 측정하는 방법, 시험관을 다루는 방법, 온도계 사용법 등을 익혀 올바르게 사용할 수 있다.

[12화실01-14] 컴퓨터를 활용한 실험의 장점과 단점을 설명할 수 있다.

[12화실01-15] 분광 광도계의 사용하여 흡광도를 측정하고, 그 값으로 미지 용액의 농도를 계산할 수 있다.

[12화실01-16] 측정값의 종류에 따라 인터페이스와 감지기를 올바르게 선택할 수 있다.

[12화실01-17] 수집된 데이터를 엑셀을 활용하여 올바르게 표현하고 계산할 수 있다.

[12화실01-18] 수집된 데이터를 엑셀을 활용하여 그래프로 그리고, 축의 값, 범례, 상관계수, 추세선 등을 바르게 낼 수 있다.

[12화실01-19] 자주 사용하는 산·염기와 중요 시약의 특성을 알아 시약을 올바르게 제조하고 사용할 수 있다.

[12화실01-20] 실험 후 폐기물 처리 원칙에 따라 폐기물을 처리하여 환경 오염을 예방할 수 있다.

[12화실01-21] 실험실에서 지켜야 할 규칙과 응급조치 등 안전사고 대처 방법을 익혀 안전사고를 예방하고 올바르게 대처할 수 있다.

[12화실01-22] 실험의 준비, 수행, 결과를 실험 보고서로 체계적으로 작성할 수 있다.

[12화실01-23] 각주와 미주를 구별하여 보고서에 적절하게 활용할 수 있다.

[12화실01-24] 참고 문헌의 중요성을 인식하여 연구 윤리를 준수하게 하고, APA 방식으로 인용 문헌에 대한 참고 문헌을 제시할 수 있다.

(2) 물질의 성질

이 단원에서는 원소의 주기적 성질을 확인·비교하고, 기체의 물리량을 측정하며, 고체의 구조를 분석하는 실험 활동을 수행할 수 있도록 한다.

[12화실02-01] 불꽃 반응과 선 스펙트럼을 통해 원자 오비탈의 에너지 준위가 양자화되어 있음을 확인하고 수소 원자의 에너지 준위를 계산할 수 있다.

[12화실02-02] 리튬, 나트륨, 칼륨을 자르고 물과 반응시키며 물리적, 화학적 성질의 공통성과 차이점을

비교하여 주기성을 설명할 수 있다.

[12화실02-03] 할로젠수와 할로젠염 수용액의 반응을 통해 할로젠 원소의 반응성을 확인하고 그 결과를 설명할 수 있다.

[12화실02-04] 분자량을 정확히 아는 기체의 질량과 부피를 측정하여 이상 기체 방정식의 기체 상수를 계산할 수 있다.

[12화실02-05] 기체의 질량과 부피를 측정하여 이상 기체 방정식으로 미지 기체의 분자량을 계산할 수 있다.

[12화실02-06] 2차원 격자 구조의 특징을 이해하여, 단위세포를 결정할 수 있다.

[12화실02-07] 단순 입방, 체심 입방, 면심 입방, 육방 밀집 결정 구조를 만들고, 잘라서 단위세포를 만들어 각 결정격자의 특징을 설명할 수 있다.

(3) 물질의 분리

이 단원에서는 용해도 차를 이용한 거름, 추출, 재결정, 분별 결정, 크로마토그래피 실험과 끓는점 차를 이용한 증류와 분별 증류 실험 활동을 수행할 수 있도록 한다.

[12화실03-01] 중력 여과법에 필요한 거름종이를 바르게 접을 수 있고 장치를 꾸며 거름으로 혼합물을 분리할 수 있다.

[12화실03-02] 감압 여과법에 필요한 장치를 꾸며 혼합물을 분리할 수 있다.

[12화실03-03] 추출의 원리를 이해하여 올바른 용매를 선택하고, 분별 깔때기를 올바르게 사용하여 혼합물을 분리할 수 있고, 분배 계수를 이용하여 효과적 추출 방법을 설명할 수 있다.

[12화실03-04] 회전 진공 증발기를 사용하여 추출한 혼합 용액에서 용매를 제거하여 특정 성분을 얻을 수 있다.

[12화실03-05] 재결정과 분별 결정의 원리를 이해하여 혼합물을 분리할 수 있다.

[12화실03-06] 다양한 종류의 크로마토그래피 원리를 이해하고, 이를 이용하여 혼합물을 분리할 수 있다.

[12화실03-07] 증류와 분별 증류를 구분하여 설명할 수 있다.

[12화실03-08] 증기압 차이를 이용하여 분별 증류의 원리를 설명할 수 있다.

[12화실03-09] 분별 증류 장치를 꾸미고 각 부분의 역할을 설명할 수 있으며 이를 이용하여 혼합물을 분리할 수 있다.

(4) 용액의 성질

이 단원에서는 퍼센트 용액, 몰 농도 용액, 몰랄 농도 용액의 제조와 액체의 증기압 측정, 어는점 내림에 의한 화학식량 측정, 삼투압을 이용한 화학식량 측정, 콜로이드의 성질을 확인하는 실험을 수행할 수 있도록 한다.

[12화실04-01] 여러 가지 농도의 개념을 알고, 필요한 농도의 용액을 제조할 수 있다.
[12화실04-02] 중요한 산과 염기의 표준 용액을 제조할 때 주의할 점을 설명할 수 있다.
[12화실04-03] 여러 가지 액체의 증기압을 측정하고, 그 차이를 분자 간 상호 작용의 크기로 설명할 수 있다.
[12화실04-04] 비휘발성 용질이 녹은 용액에서 용매보다 증기압이 낮아짐을 관찰하고, 그 이유를 열화학 관점에서 설명할 수 있다.
[12화실04-05] 끓는점 오름을 측정하여 용액의 증기압이 낮아지는 이유를 설명할 수 있다.
[12화실04-06] 어는점 내림으로 고분자 물질의 화학식량을 구할 수 있다.
[12화실04-07] 용액의 삼투압을 측정하여 용질의 화학식량을 구할 수 있다.
[12화실04-08] 콜로이드 용액을 제조하고, 틴들 현상, 투석, 엉김, 염석 등을 관찰하며, 그 현상들을 설명할 수 있다.

(5) 화학 반응

이 단원에서는 열량계를 이용하여 반응 엔탈피를 측정하고, 총열량 불변의 법칙을 이용하여 미지의 반응 엔탈피를 알아내도록 한다. 화학 평형의 평형 상수를 결정하고, 평형의 이동, 공통 이온 효과를 확인하고 설명하도록 한다. 용액의 pH를 측정하고, 지시약을 이용하여 산·염기 용액의 특징을 확인하고, 표준 용액을 제조하여 중화 적정을 수행하여 미지 용액의 농도를 알아내도록 한다. 또한 산화·환원 반응을 이용하여 산화·환원 적정을 수행하고, 화학 전지를 설계하여 전위차를 측정하고, 전기 분해를 수행하여 전하량과 생성물의 양 사이의 관계를 확인할 수 있도록 한다.

[12화실05-01] 간이 열량계를 이용하여 여러 가지 화학 반응의 반응열을 측정하여 반응 엔탈피를 포함한 열화학 반응식으로 나타낼 수 있다.
[12화실05-02] 헤스 법칙을 이용하여 무수 황산 구리의 수화 엔탈피를 측정할 수 있다.
[12화실05-03] 가역 반응에서 평형 농도를 측정하여 화학 반응의 평형 상수를 구할 수 있다.
[12화실05-04] 농도, 온도, 압력에 의한 평형 이동을 관찰하고 평형 이동 현상을 설명할 수 있다.
[12화실05-05] 공통 이온 효과를 관찰하고, 염의 용해도곱 상수를 결정할 수 있다.
[12화실05-06] 중화 반응과 산·염기 반응의 특징을 구별하여 설명할 수 있다.
[12화실05-07] pH 미터, pH 시험지 등을 사용하여 용액의 액성을 측정할 수 있다.
[12화실05-08] 원하는 pH 용액을 제조하여 여러 가지 지시약의 변색 범위를 실험을 통해 확인할 수 있다.
[12화실05-09] 표준 용액을 제조하고 올바른 지시약을 선택하여 중화 적정 실험을 수행할 수 있고, 그 결과로 미지 산의 농도를 구할 수 있다.
[12화실05-10] 중화 적정의 결과를 지시약의 변색 범위, 염의 가수 분해 등을 이용하여 설명할 수 있다.
[12화실05-11] 산화·환원 반응의 양적 관계를 이용하여 산화·환원 반응식의 계수를 맞출 수 있다.

[12화실05-12] 과망가니즈산 적정의 원리를 이해하여 과산화수소를 정량할 수 있다.
[12화실05-13] 아이오딘 적정의 원리를 이해하여 비타민 C를 정량할 수 있다.
[12화실05-14] 산화·환원 반응을 이용하여 화학 전지를 꾸미고 기전력을 좌우하는 요인을 설명할 수 있다.
[12화실05-15] 전기 분해를 일으키는 원리를 설명할 수 있고, 두 전극에서 생성되는 물질을 예측할 수 있으며 흘려준 전하량과 생성물의 양을 계산할 수 있다.
[12화실05-16] 화학 반응의 초기 농도와 초기 속도를 측정하는 실험을 통하여 반응 속도식과 반응 차수를 구할 수 있다.
[12화실05-17] 농도, 온도, 촉매의 존재 등을 변화시키며 반응 속도를 측정하여, 이들의 영향을 알아보고 그 결과를 설명할 수 있다.

(6) 탄소 화합물의 합성과 특성

이 단원에서는 탄화수소와 불포화 탄화수소의 성질의 차이를 확인하고, 여러 가지 탄화수소 유도체의 특성을 다루며, 방향족 탄화수소의 성질과 그 유도체들의 특성을 확인하는 실험을 수행할 수 있도록 한다.

[12화실06-01] 탄화수소와 불포화 탄화수소를 연소시켜 반응성의 차이를 확인하고, 그 이유를 화학 결합의 관점에서 설명할 수 있다.
[12화실06-02] 에틸렌과 아세틸렌을 제조하고, 브롬수를 첨가하여 첨가 반응의 색깔 변화를 관찰하고, 반응 속도가 차이 나는 이유를 설명할 수 있다.
[12화실06-03] 메탄올, 1차, 2차, 3차 알코올의 산화 실험을 수행하고, 그 생성물을 이용하여 은거울 반응, 펠링 용액 반응, 아이오도폼 반응 등을 수행하여 생성물을 확인할 수 있다.
[12화실06-04] 알코올, 알데히드, 케톤, 카복시산 등 탄화수소 유도체의 성질과 반응을 설명할 수 있다.
[12화실06-05] 에스터화 반응과 아마이드화 반응을 수행하여 고분자 화합물을 만들고, 그 원리를 설명할 수 있다.
[12화실06-06] 비누를 제조하고, 그 원리를 설명할 수 있다.
[12화실06-07] 벤젠, 나프탈렌 등의 방향족 물질의 구조와 성질을 설명할 수 있다.
[12화실06-08] 페놀류의 특성을 실험으로 확인하고 그 이유를 설명할 수 있다.
[12화실06-09] 아스피린을 합성하고, 그 원리를 설명할 수 있다.

4. 교수·학습 및 평가의 방향

가. 교수 · 학습 방향

'화학 실험'에서는 화학의 기본 개념에 대한 이해와 다양한 탐구 중심의 학습을 통하여 과학적 사고력, 과학적 탐구 능력, 과학적 문제 해결력, 과학적 의사소통 능력, 과학적 참여와 평생 학습 능력 등의 과학과 핵심역량을 함양하도록 지도하며, 특히 다음 사항에 중점을 둔다.

(1) 학습 지도 계획 수립 시 학교의 실정이나 지역의 특성, 학생의 능력, 자료의 준비 가능성 등을 고려하여 학습 내용과 지도의 시기를 조정할 수 있다.
(2) 학생 참여 중심의 수업이 이루어질 수 있도록 강의, 실험, 토의, 조사, 프로젝트, 과제 연구, 과학관 견학과 같은 학교 밖 과학 활동 등의 다양한 교수·학습 방법을 적절히 활용하여 지도한다.
(3) 기초 탐구 과정(관찰, 분류, 측정, 예상, 추리, 의사소통 등)과 통합 탐구 과정(문제 인식, 가설 설정, 변인 통제, 자료 해석, 결론 도출, 일반화 등), 수학적 사고와 컴퓨터 활용, 모형의 개발과 사용, 증거에 기초한 토론과 논증 등의 기능을 학습 내용과 관련시켜 지도한다.
(4) 과학적 창의성을 계발하고 인성과 감성을 함양하기 위하여 화학 내용과 관련된 기술, 공학, 예술, 수학 등의 다른 교과와 통합, 연계하여 지도한다.
(5) 탐구 활동을 모둠 학습으로 할 때에는 과학탐구에서의 상호 협력의 중요함을 인식시키고, 의사소통을 할 때에는 자신의 의견을 명확히 표현하고 다른 사람의 의견을 존중하는 태도를 가지며, 과학적인 근거에 기초하여 탐구 결과를 발표하고, 설득하며, 수용하도록 지도한다.
(6) 화학 및 화학 관련 사회적 쟁점을 활용한 과학 글쓰기와 토론을 통하여 과학적 사고력 및 과학적 의사소통 능력을 함양할 수 있도록 지도한다.
(7) 학생의 지적 호기심과 학습 동기를 유발할 수 있도록 개방형 질문을 제공하고, 또한 화학 이론이 첨단 과학 기술이나 일상생활에 적용된 사례와 화학자 이야기, 과학사, 시사성 있는 화학 내용 등을 활용한다.
(8) 과학의 잠정성, 과학적 방법의 다양성, 과학 윤리, 과학·기술·사회의 상호 관련성, 과학적 모델의 특성 등 과학의 본성과 관련된 내용을 적절한 소재를 활용하여 지도한다.
(9) 학생의 이해를 돕고 흥미를 유발하며 구체적 조작 경험과 활동을 제공하기 위해 모형이나 시청각 자료, 소프트웨어, 컴퓨터나 스마트 기기, 인터넷 등의 최신 정보 통신 기술과 기기 등을 적절히 활용한다.
(10) 학습 내용과 관련된 첨단 과학기술을 다양한 형태의 자료로 제시함으로써 현대 생활에서 첨단 과학이 갖는 가치와 잠재력을 인식하도록 지도한다.
(11) 교사 중심의 확인 실험보다 학생 중심의 탐구 실험이 되도록 하며, 탐구 활동에서 제시된 내용

이외에 다양한 탐구 활동을 수업에서 활용한다.

⑿ 실험의 목적과 방법을 이해하고 실험을 수행할 수 있도록 지도하며, 안전사고 예방을 위하여 실험 기구의 사용 방법, 화학 약품을 다룰 때의 주의 사항 및 안전 사항, 안전사고 발생 시 대처 방안을 사전에 지도한다.

⒀ 실험 기구나 재료는 수업을 진행하기 전에 미리 점검하고 충분히 준비하되, 환경 보존을 고려하여 필요 이상으로 사용하지 않도록 유의한다.

⒁ 실험 후 발생하는 폐기물은 올바른 방법으로 수거 처리하여 환경을 오염시키지 않도록 한다.

나. 평가 방향

'화학 실험'에서는 화학의 핵심 개념의 이해 및 과학 탐구 학습을 통한 과학과 핵심역량과 과학적 태도를 균형 있게 평가하며, 특히 다음 사항에 주안점을 둔다.

(1) 화학의 핵심 개념을 이해하고 적용하는 능력을 평가한다.

(2) 과학적 사고력, 과학적 탐구 능력, 과학적 문제 해결력, 과학적 의사소통 능력, 과학적 참여와 평생 학습 능력 등과 같은 과학과 핵심역량을 평가한다.

(3) 화학에 대한 흥미와 가치 인식, 과학 학습 참여의 적극성, 협동성, 과학적으로 문제를 해결하는 태도, 창의성 등을 평가한다.

(4) 평가는 선다형, 서술형 및 논술형, 관찰, 보고서 검토, 실기 검사, 면담, 포트폴리오 등의 다양한 방법을 활용한다.

(5) 평가는 창의융합적 문제 해결력 및 인성과 감성 함양에 도움이 되는 소재나 상황들을 적극적으로 발굴하여 활용한다.

(6) 평가는 개별 평가와 더불어 협동심을 함양하기 위한 모둠 평가를 실시한다.

(7) 타당도와 신뢰도가 높은 평가가 될 수 있도록 가능하면 공동으로 평가 도구를 개발하여 활용한다.

(8) 평가는 설정된 성취 기준에 근거하여 실시하고, 그 결과를 학습 지도 계획 수립과 지도 방법 개선, 진로 지도 등에 활용한다.

(9) 평가는 평가 계획 수립, 평가 문항과 도구 개발, 평가의 시행, 평가 결과의 처리, 평가 결과의 활용 등의 절차를 거쳐 실시한다.

생명과학 실험

1. 성격

'생명과학 실험'은 '생명과학Ⅰ', '생명과학Ⅱ'를 통하여 생명 현상 전반에 대한 기초 개념을 습득한 과학 계열 고등학교 학생이나 일반계 고등학교에서 과학 과목 중점 교육과정을 이수하는 학생을 대상으로 한다. 최신의 생명과학을 접하고, 보다 전문적인 생명과학 개념을 분자적 수준에서 통합적으로 이해하며, 관심 있는 생명과학의 주제에 대해 과학적으로 탐구하는 능력을 길러 앞으로의 연구 분야에 생명과학의 지식을 활용할 수 있도록 준비하는 과목이다.

'생명과학 실험'의 내용은 생물의 구조와 기능, 물질대사, 자극과 반응, 생식과 발생, 유전과 진화, 생물과 환경, 생명공학으로 나누어지고 각 주제별로 몇 가지 핵심적인 실험으로 구성된다. '생명과학 실험'의 내용 수준은 과학 계열 고등학교 학생이나 과학 과목 중점 교육과정을 이수하는 학생의 수준을 고려하면서 생명과학의 여러 분야를 전공하는 데 필요한 기초적인 실험 기기 사용법과 조작법을 익힐 수 있게 구성한다.

'생명과학 실험'에서는 다양한 탐구 중심의 학습이 이루어지도록 한다. 또한 기본 개념의 통합적인 이해 및 과학의 탐구 경험을 통하여 과학적 사고력, 과학적 탐구 능력, 과학적 문제 해결력, 과학적 의사소통 능력, 과학적 참여와 평생 학습 능력 등의 과학과 핵심역량을 함양하도록 한다.

과학적 사고력은 과학적 주장과 증거의 관계를 탐색하는 과정에서 필요한 사고이다. 과학적 세계관 및 자연관, 과학의 지식과 방법, 과학적인 증거와 이론을 토대로 합리적이고 논리적으로 추론하는 능력, 추리 과정과 논증에 대해 비판적으로 고찰하는 능력, 다양하고 독창적인 아이디어를 산출하는 능력 등을 포함한다.

과학적 탐구 능력은 과학적 문제 해결을 위해 실험, 조사, 토론 등 다양한 방법으로 증거를 수집, 해석, 평가하여 새로운 과학 지식을 얻거나 의미를 구성해 가는 능력을 말한다. 과학적 탐구를 위해서는 과학 탐구 기능과 지식을 통합하여 적용하고 활용하는 능력이 필요하며 과학적 사고력이 이 과정에 기초가 된다.

과학적 문제 해결력은 과학적 지식과 과학적 사고를 활용하여 개인적 혹은 공적 문제를 해결하는 능

력이다. 일상생활의 문제를 해결하기 위해 문제와 관련 있는 과학적 사실, 원리, 개념 등의 지식을 생각해 내고 활용하며 다양한 정보와 자료를 수집, 분석, 평가, 선택, 조직하여 가능한 해결 방안을 제시하고 실행하는 능력이 필요하다. 문제 해결력은 문제 해결 과정에 대한 반성적 사고 능력과 문제 해결 과정에서의 합리적 의사 결정 능력도 포함한다.

과학적 의사소통 능력은 과학적 문제 해결 과정과 결과를 공동체 내에서 공유하고 발전시키기 위해 자신의 생각을 주장하고 타인의 생각을 이해하며 조정하는 능력을 말한다. 말, 글, 그림, 기호 등 다양한 양식의 의사소통 방법과 컴퓨터, 시청각 기기 등 다양한 매체를 통하여 제시되는 과학기술 정보를 이해하고 표현하는 능력, 증거에 근거하여 논증 활동을 하는 능력 등을 포함한다.

과학적 참여와 평생 학습 능력은 사회에서 공동체의 일원으로 합리적이고 책임 있게 행동하기 위해 과학기술의 사회적 문제에 대한 관심을 가지고 의사 결정 과정에 참여하며 새로운 과학기술 환경에 적응하기 위해 스스로 지속적으로 학습해 나가는 능력을 가리킨다.

2. 목표

생명과학의 통섭적 특성에 대한 이해를 바탕으로 생명에 대한 호기심과 흥미를 제고하고, 진로 선택 교과로서 생명과학 관련 전공으로 진학하는 데 필요한 기초 소양을 기르고 실험 기법을 익히도록 한다. 생명과학의 발달 과정, 세포의 특성, 물질대사, 세포 수준에서 나타나는 생명 현상의 분자적 원리, 생물다양성과 진화, 생명공학과 우리 생활 등을 중심으로 관련된 핵심 개념에 대한 이해와 탐구 능력을 함양한다.

가. 생명과학이 통섭적 학문임을 이해한다.
나. 호기심과 흥미를 바탕으로 한 창의적인 과학적 문제 해결력을 함양한다.
다. 생명 현상의 핵심 원리인 유전자의 발현과 조절을 분자 수준에서 이해한다.
라. 생체에너지 생산 메커니즘의 심화 개념을 이해한다.
마. 생물의 조절과 방어 메커니즘의 심화 개념을 이해한다.

3. 내용 체계

가. 내용 체계

영역	핵심 개념	일반화된 지식	내용 요소 생명과학 실험	기능
생물의 구조와 기능	세포와 세포막	세포와 세포막의 기능을 실험을 통해 이해한다.	• 현미경 사용법 • 식물 세포와 동물 세포 관찰 • 삼투 현상 • 원형질 분리 • 원형질 복귀 • 삼투압	• 문제 인식 • 탐구 설계와 수행 • 자료의 수집·분석 및 해석 • 수학적 사고와 컴퓨터 활용 • 모형의 개발과 사용 • 증거에 기초한 토론과 논증 • 결론 도출 및 평가 • 의사소통
	조직과 기관	조직과 기관의 구조를 이해한다.	• 식물의 생식기관 • 무척추동물 해부 • 척추동물 해부	
물질대사	효소의 특성	효소의 특성을 실험을 통해 확인한다.	• 효소 • 촉매 작용 • 온도와 pH 변화에 따른 반응 속도	
	광합성	광합성 속도에 대한 실험을 할 수 있다.	• 광합성 속도	
	세포 호흡	세포 호흡 속도를 이해한다.	• 세포 호흡 속도 • 효모의 발효 • 유기 호흡, 무기 호흡 • 산소 운반	
자극과 반응	동물의 반응	자극에 대한 동물의 반응을 실험을 통해 확인한다.	• 자극에 대한 동물의 반응 • 사람의 반사 작용	
	식물의 반응	식물의 자극에 대한 반응 실험을 수행한다.	• 굴중성 • 굴광성	
생식과 발생	세포 분열	체세포 분열과 생식 세포 형성 과정을 관찰한다.	• 체세포 분열 • 감수 분열	
	수정과 발생	식물의 생식 세포 형성과 발생 과정을 관찰할 수 있다.	• 속씨식물의 수분 • 꽃가루관의 발아 • 조직의 발생 • 기관의 발생	
유전과 진화	염색체	염색체를 관찰하여 핵형을 분석할 수 있다.	• 염색체의 관찰 • 핵형 분석	

영역	핵심 개념	일반화된 지식	내용 요소 생명과학 실험	기능
	유전물질	모의실험을 통해 DNA의 구조를 이해한다.	• DNA 추출 • DNA 모형 제작	
	유전 현상	여러 가지 유전 현상을 실험을 통해 관찰할 수 있다.	• 교배 실험 • 멘델 유전 법칙 • 반성 유전 • 초파리의 돌연변이 형질 • 사람의 유전 형질	
	진화	모의실험을 통해 진화를 이해한다.	• 대립 유전자의 빈도 • 진화의 이해	
생물과 환경	생물의 채집 및 분류	생물을 채집하고 분류할 수 있다.	• 생물 채집 • 표본 제작 • 생물의 동정 • 생물 분류	
	군집과 개체군	개체군과 군집의 특성을 조사할 수 있다.	• 방형구법 • 생물 군집조사 • 생태계 구성 요소 • 개체군 생장곡선	
	환경 오염	환경 오염을 측정할 수 있다.	• 환경 오염 측정 • 환경 오염이 생물에 미치는 영향	
생명공학	세포와 조직	세포와 조직을 배양할 수 있다.	• 세포 배양 • 계대 배양 • 조직 배양	
	유전공학	유전공학 실험을 수행할 수 있다.	• 전기영동 • 제한 효소 • 형질전환	
	유전체 탐구	생물정보학 연구방법을 이해할 수 있다.	• 유전체 이용 탐구 • 생물정보학	

나. 성취 기준

(1) 생물의 구조와 기능

현미경 사용법을 정확하게 이해하고 현미경으로 세포를 관찰하게 한다. 삼투현상의 원리를 이해하고 삼투압을 측정할 수 있도록 한다. 해부 또는 관찰을 통하여 식물의 생식기관, 무척추동물과 척추동물의 각 기관의 구조와 기능을 설명할 수 있도록 한다.

[12생실01-01] 광학현미경과 주사전자현미경을 정확하게 사용하여 선명한 상을 찾을 수 있다.
[12생실01-02] 현미경으로 식물 세포와 동물 세포를 관찰하고 차이점을 설명할 수 있다.
[12생실01-03] 삼투 현상에 영향을 미치는 요인을 알아보기 위한 실험을 설계하고 수행할 수 있다.
[12생실01-04] 삼투 현상에 의한 원형질 분리와 복귀를 설명할 수 있다.
[12생실01-05] 삼투압 측정 실험을 수행하고 실험의 원리와 실험 결과를 바르게 설명할 수 있다.
[12생실01-06] 식물의 생식기관을 관찰하고 구조와 기능을 설명할 수 있다.
[12생실01-07] 무척추동물과 척추동물을 해부하여 각 기관의 구조와 기능을 설명할 수 있다.

(2) 물질대사

온도와 pH에 따른 효소 작용의 변화를 실험을 통하여 확인하고, 광합성 속도, 호흡 속도에 영향을 미치는 여러 가지 요인에 관하여 실험하고 결론을 도출할 수 있도록 한다. 혈액을 원심분리하여 혈액에서 적혈구가 차지하는 비율을 측정하고 의미를 설명할 수 있도록 한다.

[12생실02-01] 효소의 촉매 작용을 설명할 수 있다.
[12생실02-02] 온도와 pH에 따른 효소의 반응속도 변화를 확인할 수 있는 실험을 설계, 수행하고 결과를 바르게 해석할 수 있다.
[12생실02-03] 빛, 온도 등의 환경 요인에 따른 광합성의 속도를 측정하는 실험을 설계, 수행하고 결과를 바르게 해석할 수 있다.
[12생실02-04] 환경 요인에 따른 세포 호흡의 속도를 측정하는 실험을 설계, 수행하고 결과를 바르게 해석할 수 있다.
[12생실02-05] 효모 발효 실험을 통하여 산소호흡과 발효의 차이점을 설명할 수 있다.
[12생실02-06] 혈액을 원심분리하여 혈액에서 적혈구가 차지하는 비율을 측정하고 적혈구의 산소 운반 기능을 설명할 수 있다.

(3) 자극과 반응

사람과 다른 동물이 여러 가지 자극에 반응하는 것을 실험을 통해 확인하고 신호 전달 경로와 자극과 반응의 관계를 일반화할 수 있도록 한다. 식물이 자극에 반응하는 것을 확인할 수 있는 실험을 설계, 수행하고 결과를 바르게 해석할 수 있도록 한다.

[12생실03-01] 빛, 중력, 접촉, 호르몬 등의 물리 화학적 자극에 반응하는 동물의 행동을 관찰하고 일반화할 수 있다.
[12생실03-02] 사람의 몸에서 일어나는 여러 가지 반사를 실험을 통해 확인하고 신호 전달 경로를 설명할 수 있다.

[12생실03-03] 식물의 굴중성과 굴광성을 확인하는 실험을 설계, 수행하고 결과를 바르게 해석할 수 있다.

(4) 생식과 발생

체세포 분열과 감수 분열을 관찰하여 세포 분열의 단계를 구별하고 각 단계의 특징을 설명할 수 있도록 한다. 꽃가루관의 발아와 속씨식물의 수분을 설명할 수 있도록 한다.

[12생실04-01] 체세포 분열과 감수 분열을 관찰하여 세포 분열 단계를 구별하고 각 단계의 특징을 설명할 수 있다.
[12생실04-02] 꽃가루관의 발아와 속씨식물의 수분을 설명할 수 있다.

(5) 유전과 진화

초파리의 침샘염색체 관찰과 핵형 분석을 통해 유전자와 염색체의 관계를 이해할 수 있도록 한다. DNA를 추출하는 실험을 수행하고, DNA 이중 나선 구조를 3차원 모형으로 제작하여 특징을 설명할 수 있도록 한다. 초파리 교배실험을 통해 유전 원리를 확인하고 결과를 해석할 수 있도록 한다. 진화적 관점에서 유전자풀의 변화를 확인할 수 있는 모의실험을 설계하고 수행할 수 있도록 한다.

[12생실05-01] 초파리의 침샘염색체를 현미경을 통해 관찰하고 침샘염색체와 일반염색체의 차이를 설명할 수 있다.
[12생실05-02] 사람 염색체 사진 자료를 통해 핵형을 분석하고 결과를 바르게 해석할 수 있다.
[12생실05-03] 세포에서 DNA를 추출하는 실험을 수행하고 실험 과정의 각 단계가 어떤 의미가 있는지 설명할 수 있다.
[12생실05-04] DNA 이중 나선 구조 3차원 모형을 정확하게 만들고, 특징을 설명할 수 있다.
[12생실05-05] 초파리 교배 실험을 통해 멘델 유전법칙을 확인하고, 결과를 바르게 해석할 수 있다.
[12생실05-06] 반성 유전의 원리를 알아보는 교배 실험을 수행하고 결과를 바르게 해석할 수 있다.
[12생실05-07] 초파리의 야생형과 구별되는 다양한 돌연변이 형질을 찾아내고 차이점을 설명할 수 있다.
[12생실05-08] 가계 조사와 집단 조사를 통해 사람 유전 형질의 유전 원리를 설명할 수 있다.
[12생실05-09] 생물체의 구조와 기능을 진화의 관점에서 이해할 수 있는 탐구를 설계하고 수행할 수 있다.
[12생실05-10] 진화적 관점에서 대립 인자의 빈도 변화를 알아볼 수 있는 모의실험을 설계하고 수행할 수 있다.

(6) 생물과 환경

생물을 채집하고 동정하며 분류하는 방법을 실습하고, 방형구법을 이용하여 식물 군집의 특성을 파악할 수 있도록 한다. 단세포 생물을 배양하여 개체군의 생장 곡선을 구하고 개체군에 영향을 주는 환경 요인을 찾아 모델화할 수 있도록 한다.

[12생실06-01] 생물을 채집하고 표본을 제작할 수 있다.
[12생실06-02] 생물을 동정하고 분류할 수 있다.
[12생실06-03] 방형구법을 이용하여 식물 군집의 특성을 파악하고 우점종을 판별할 수 있다.
[12생실06-04] 특정 생태계를 분석하여 생물과 비생물 환경 요인을 구분할 수 있다.
[12생실06-05] 단세포 생물 배양 등을 통해 개체군의 생장 곡선을 구할 수 있다.
[12생실06-06] 환경 오염 물질이 식물의 생장에 미치는 영향을 조사할 수 있다.
[12생실06-07] 동물 개체군에 영향을 주는 생물적 요인과 비생물 요인을 찾고 이를 모델화 할 수 있다.
[12생실06-08] 환경 오염의 정도를 측정할 수 있다.

(7) 생명공학

세포를 배양하고 활용하는 방법을 설명할 수 있다. 대장균을 배양하고 조작하여 여러 가지 탐구 활동에 활용할 수 있다. DNA를 분리하고 조작하여 형질 전환 실험을 수행할 수 있다. 유전체 정보를 바탕으로 한 생물정보학의 연구방법을 설명할 수 있다.

[12생실07-01] 동물 세포를 계대 배양하고 이를 활용하는 방법을 설명할 수 있다.
[12생실07-02] 식물 조직을 배양할 수 있다.
[12생실07-03] 식물 조직을 배양하고 이를 활용하는 방법을 설명할 수 있다.
[12생실07-04] 대장균을 실험실에서 인공적으로 배양하고 조작할 수 있다.
[12생실07-05] 대장균을 배양하고 이를 활용하는 방법을 설명할 수 있다.
[12생실07-06] 전기영동으로 DNA를 분리하고 확인할 수 있다.
[12생실07-07] 제한 효소로 절단한 DNA 조각의 크기를 전기영동으로 분석할 수 있다.
[12생실07-08] 대장균 형질 전환 실험을 수행하고 결과를 바르게 해석할 수 있다.
[12생실07-09] 유전체 정보를 바탕으로 한 생물정보학의 연구 방법을 이해할 수 있다.

4. 교수·학습 및 평가의 방향

가. 교수·학습 방향

인체 중심이었던 생명과학에서 벗어나 지구의 다양한 생명들의 생명 현상과 생활 속의 생명공학의 활용을 다루되 전반적으로 심화된 핵심 개념을 이해하도록 하는 교과이다. 학습자의 관심을 사람 중심에서 우리 주변의 자연과 생명, 나아가 생활 속에서 생명공학 기술이 활용되는 사례에 대해 자연스럽게 호기심과 관심을 갖도록 유도해야 한다. 그리고 생명과학의 종합적인 학문적 특성을 고려하여, 다른 교과와는 어떤 연계성이 있는지를 생각할 수 있는 학습 환경을 조성해 줌으로써 다가오는 생명과학 시대를 대비하여 생명과학 분야로 진로를 선택하고자 하는 학생들에게 걸맞은 생명과학 소양을 기를 수 있도록 한다. 더불어 생명과학의 기본 개념 이해, 과학 탐구 실행을 통한 정보 활용 능력, 비판적 사고력, 의사소통 능력, 문제 해결력, 개인적·사회적 책무성, 진로개발 능력 등의 핵심역량을 함양하도록 구성한다.

나. 평가 방향

생명과학의 통섭적 특성에 대하여 연계성 있는 이해를 했는지를 평가하는 것이 중요하며, 생명에 대한 호기심과 흥미를 제고하고, 진로 선택 과목으로서 관련 전공으로 진학하는 데 필요한 기초 소양을 기르는데 도움이 되도록 평가를 구성한다. 세포의 특성, 물질대사, 세포 수준에서 나타나는 생명 현상의 분자적 원리, 생물다양성과 진화, 생명공학과 우리 생활 등을 중심으로 관련된 핵심 개념에 대한 이해와 이에 해당하는 탐구 활동을 성실하게 수행했는지를 평가한다. 이를 통해 생명과학의 심화 개념 이해, 과학 탐구 실행을 통한 정보 활용 능력, 비판적 사고력, 의사소통 능력, 문제 해결력, 개인적·사회적 책무성, 진로개발 능력 등의 핵심역량을 함양하게 하는 평가가 되도록 한다. 단순 지식의 암기를 평가하는 단답형이나 선다형 평가를 지양하고 다양한 탐구 활동이나 토론, 토의, 발표 등을 통한 학습 태도, 과학적 사고력 및 분석력, 의사소통 능력, 보고서 작성 능력, 과학적 글쓰기 능력, 토의나 발표 능력 등을 관찰 평가를 통하여 종합적으로 평가하는 방식을 지양해야 한다.

지구과학 실험

1. 성격

'지구과학 실험'은 과학 계열 고등학교 학생이나 일반계 고등학교에서 과학 과목 중점 교육과정을 이수하는 학생을 위한 과목이다. 주변 현상과 시·공간적으로 밀접하게 관련된 지구와 우주에 관한 현상에 대한 기본 개념을 바탕으로 관심 있는 주제에 대하여 과학적 탐구를 직간접적으로 체험함으로써 학문적 전공 선택을 용이하게 하고, 각자 앞으로의 연구 분야에서 지구 과학의 심화된 개념과 탐구 능력을 충분히 활용할 수 있도록 자기주도적인 탐구 활동을 통하여 창의적 문제 해결력과 과학적 태도를 함양하기 위한 과목이다.

'지구과학 실험'의 내용은 지구와 우주에 관한 현상을 전체적인 관점에서 볼 수 있도록 고체지구, 대기와 해양, 우주에 대한 내용으로 구성한다. 지구과학 분야의 전공과목 이수에 필요한 지식 및 탐구 방법을 습득하는 데 기초가 되는 수준으로 구성하고, 지구과학자의 탐구 과정인 관찰, 실험, 조사, 토론 및 토의, 답사 등 다양한 활동을 통하여 탐구 능력 및 창의적 문제 해결력을 기르게 한다. 현대의 최신 지구과학 연구의 다양한 분야를 체험하고 탐구할 수 있도록 연구 및 시사적인 내용을 많이 포함하도록 구성한다.

'지구과학 실험'에서는 다양한 탐구 중심의 학습이 이루어지도록 한다. 또한 기본 개념의 통합적인 이해 및 과학의 탐구 경험을 통하여 과학적 사고력, 과학적 탐구 능력, 과학적 문제 해결력, 과학적 의사소통 능력, 과학적 참여와 평생 학습 능력 등의 과학과 핵심 역량을 함양하도록 한다.

과학적 사고력은 과학적 주장과 증거의 관계를 탐색하는 과정에서 필요한 사고이다. 과학적 세계관 및 자연관, 과학의 지식과 방법, 과학적인 증거와 이론을 토대로 합리적이고 논리적으로 추론하는 능력, 추리 과정과 논증에 대해 비판적으로 고찰하는 능력, 다양하고 독창적인 아이디어를 산출하는 능력 등을 포함한다.

과학적 탐구 능력은 과학적 문제 해결을 위해 실험, 조사, 토론 등 다양한 방법으로 증거를 수집, 해석, 평가하여 새로운 과학 지식을 얻거나 의미를 구성해 가는 능력을 말한다. 과학적 탐구를 위해서는 과학 탐구 기능과 지식을 통합하여 적용하고 활용하는 능력이 필요하며 과학적 사고력이 이 과정에 기

초가 된다.

과학적 문제 해결력은 과학적 지식과 과학적 사고를 활용하여 개인적 혹은 공적 문제를 해결하는 능력이다. 일상생활의 문제를 해결하기 위해 문제와 관련 있는 과학적 사실, 원리, 개념 등의 지식을 생각해 내고 활용하며 다양한 정보와 자료를 수집, 분석, 평가, 선택, 조직하여 가능한 해결 방안을 제시하고 실행하는 능력이 필요하다. 문제 해결력은 문제 해결 과정에 대한 반성적 사고 능력과 문제 해결 과정에서의 합리적 의사 결정 능력도 포함한다.

과학적 의사소통 능력은 과학적 문제 해결 과정과 결과를 공동체 내에서 공유하고 발전시키기 위해 자신의 생각을 주장하고 타인의 생각을 이해하며 조정하는 능력을 말한다. 말, 글, 그림, 기호 등 다양한 양식의 의사소통 방법과 컴퓨터, 시청각 기기 등 다양한 매체를 통하여 제시되는 과학기술 정보를 이해하고 표현하는 능력, 증거에 근거하여 논증 활동을 하는 능력 등을 포함한다.

과학적 참여와 평생 학습 능력은 사회에서 공동체의 일원으로 합리적이고 책임 있게 행동하기 위해 과학기술의 사회적 문제에 대한 관심을 가지고 의사 결정 과정에 참여하며 새로운 과학기술 환경에 적응하기 위해 스스로 지속적으로 학습해 나가는 능력을 가리킨다.

2. 목표

지구와 우주에 대하여 흥미와 호기심을 가지고 탐구하여 지구의 소중함과 아름다움을 인식하고, 지구과학의 기본 개념을 이해하며, 과학적 사고력과 창의적 문제 해결력을 길러, 지구과학과 관련된 다양한 문제를 과학적으로 이해하고 해결하는 데 필요한 능동적인 태도와 과학적 소양을 기른다. 또한 지구과학의 탐구 방법을 이해하고 이를 활용하여 실제로 일상생활에서 지구과학 관련 문제를 탐구할 수 있는 능력과 과학과 핵심 역량을 함양한다.

가. 지구와 우주의 소중함과 아름다움을 인식하고, 흥미와 호기심을 가지고, 지구와 우주에 관한 문제를 과학적으로 탐구하려는 태도를 기르며, 지구와 우주에서 일어나는 현상을 통합적으로 이해하는 능력을 기른다.

나. 지구와 우주를 과학적으로 탐구하는 능력을 기르고, 지구과학과 관련한 지구적 문제와 일상생활의 문제에 대한 과학적 이해와 해결 방안 모색에 이를 활용한다.

다. 지구과학의 다양한 영역에 대해 심화, 발전된 핵심 개념을 체계적으로 이해한다.

라. 과학·기술·사회의 상호 관계를 인식하고 지구와 우주에 관한 문제에 대한 사회적 논의에 건설적으로 참여한다.

마. 과학 학습의 즐거움과 과학의 유용성을 인식하여 평생 학습 능력을 기른다.

3. 내용 체계

가. 내용 체계

영역	핵심 개념	일반화된 지식	내용 요소 지구과학 실험	기능
고체 지구의 탐구	지구의 모양	지구타원체와 지오이드를 이용하여 지구의 모양을 안다.	• 지구타원체 • 지오이드의 모양	• 문제 인식 • 탐구 설계와 수행 • 자료의 수집·분석 및 해석 • 수학적 사고와 컴퓨터 활용 • 모형의 개발과 사용 • 증거에 기초한 토론과 논증 • 결론 도출 및 평가 • 의사소통
	지구의 내부 구조	지진파를 이용하여 진앙과 진원의 위치를 찾는다.	• 진앙과 진원의 위치결정 • 모형실험 장치를 이용한 암영대 관찰	
	지구의 역장	지구의 중력과 자기장을 측정한다.	• 지구 중력 측정 방법 • 중력 보정 • 지구 자기장의 생성 원리	
	광물의 성질	광물의 물리적 화학적 특성을 이용하여 분류한다.	• 광물의 관찰 • 규산염 광물의 구조	
	암석의 특징과 분류	박편과 암석을 관찰하여 분류한다.	• 화성암, 변성암, 퇴적암의 관찰 및 해석 • 박편제작 • 편광 현미경 사용법과 박편 관찰	
	대륙과 해저의 이동	판이 이동함을 실험을 통해 안다.	• 고지자기 극의 이동 • 고지자기와 인도 대륙의 이동 • 해저확장과 판구조론	
	지구의 역사	화석과 암석의 연령 측정을 통해 지질 시대를 안다.	• 화석의 관찰과 해석 • 층서 대비와 상대 연령 측정 • 암석의 절대 연령 측정	
	지질 조사	지질 조사를 통해 지질도를 작성한다.	• 주향과 경사의 측정 • 지질도 작성과 해석 • 야외 지질 조사	
대기와 해양의 탐구	기상 요소와 대기상태	대기의 실험을 통해 대기의 안정도를 파악한다.	• 전향력 시뮬레이션 실험 • 대기 안정도 • 단열선도	
	일기의 분석	일기도와 위성 영상을 분석하여 일기를 예측한다.	• 일기도 작성 및 분석 • 기상 위성 사진 해석	

영역	핵심 개념	일반화된 지식	내용 요소 지구과학 실험	기능
	대기의 순환	지구의 대기는 순환한다.	• 대기 대순환 • 대기의 난류	
	해파와 조석	조석자료를 통해 기조력을 계산한다.	• 천해파 속도 • 조석 자료 분석	
	해수의 성질	수온과 염분자료를 통해 해수의 성질을 안다.	• 수온약층 • 수온과 염분의 자료 분석 • 해수면 경사와 해류 • 열 염분 순환	
우주의 탐구	지구의 운동	좌표계를 이용하여 위치를 안다.	• 지평 좌표계와 적도좌표계 • 해시계의 원리 탐구 • 푸코 진자	
	천체의 관측	천체망원경으로 천체를 관측한다.	• 인공위성과 원격 탐사 • 천체 망원경 조작법 • 천체 사진 촬영법	
	달과 행성의 운동	행성의 운동을 케플러 법칙으로 설명한다.	• 달의 관측 • 달의 크레이터 높이 구하기 • 행성의 관측 • 행성의 궤도와 케플러 제3법칙	
	태양의 운동	관측을 통해 태양의 특징과 운동을 안다.	• 태양의 위치변화 • 태양의 시직경 변화 • 흑점군 분류 및 상대 흑점수 계산 • 태양의 광도 측정	
	별의 특성과 물리량	별의 특성과 물리량을 계산한다.	• 별의 스펙트럼 관측 • 별의 고유운동 측정 • 변광성 측정법 • H-R도 작성 • 쌍성의 질량 계산	
	별의 거리	여러 방법으로 별의 거리를 구한다.	• 주계열 맞추기 • 세페이드 변광성을 이용한 거리 측정	
	은하의 회전	은하 회전 곡선을 이용하여 은하의 질량을 구한다.	• M31의 회전 곡선을 이용한 질량 구하기	
	우주론	허블 법칙을 이용하여 우주의 나이와 크기를 계산한다.	• 허블 법칙과 우주 팽창	

나. 성취 기준

(1) 고체지구의 탐구

'고급 지구과학'의 내용을 바탕으로 그 개념을 적용하기 위한 탐구 활동 및 심화된 활동을 위한 탐구 활동으로 구성되어 있다. 지구의 물리량을 직접 측정하고, 다양한 광물과 암석을 관찰하여 특징과 생성과정을 탐구한다. 암석의 상대연대와 절대연대를 통해 귀추법을 익히고, 지질학적 사건의 과정을 탐구한다. 화석을 통하여 고환경과 고생물의 진화경향을 해석하는 방법을 알아본다. 이를 바탕으로 지질 조사를 실시한다.

[12지실01-01] 지구 타원체 개념을 이용하여 지구의 모양과 크기를 설명할 수 있다.
[12지실01-02] 인공위성 실측 자료를 통해 지오이드의 모양을 그릴 수 있다.
[12지실01-03] 우리나라에서 관측된 실제 지진 자료로부터 진앙과 진원의 위치를 결정할 수 있다.
[12지실01-04] 모형실험 장치를 이용하여 암영대를 관찰함으로써 지구 내부에서 지진파의 암영대가 생기는 원리를 설명할 수 있다.
[12지실01-05] 다양한 방법으로 실험을 설계하여 지구의 중력을 측정할 수 있다.
[12지실01-06] 관측 지점의 고도와 질량 분포를 고려하여 중력을 보정하는 방법을 설명할 수 있다.
[12지실01-07] 지구 자기장 생성 이론과 관련된 자료를 수집하고, 토의를 통해 지구 자기장 생성의 원리를 발표할 수 있다.
[12지실01-08] 광물의 물리적 성질과 화학적 성질을 이용하여 여러 가지 종류의 광물을 분류할 수 있다.
[12지실01-09] 규산염 광물의 특징을 구조와 연계하여 이해하고 결정 구조 모형을 직접 만들 수 있다.
[12지실01-10] 화성암, 변성암, 퇴적암을 관찰하고 분류하여, 암석의 성인과 생성 환경을 설명할 수 있다.
[12지실01-11] 화성암, 변성암, 퇴적암의 박편을 제작할 수 있다.
[12지실01-12] 편광 현미경 사용법을 익히고 간섭색, 굴절률, 소광 현상 등을 살펴보며 관찰 결과는 스케치나 사진과 함께 기재하고 이를 해석할 수 있다.
[12지실01-13] 겉보기 지자기 극 이용 곡선을 통해 대륙의 이동을 추론할 수 있다.
[12지실01-14] 고지자기 자료를 이용하여 인도 대륙의 이동 속도 변화와 이동 경로를 구할 수 있다.
[12지실01-15] 판 경계에 작용하는 힘의 특성을 파악하여 각 경계에서 일어나는 현상을 설명하고, 해저 확장에 따른 지자기 분포 이상과 연계하여 판구조론을 설명할 수 있다.
[12지실01-16] 지질 시대별 화석을 관찰하고, 화석의 특징과 생존 당시의 서식 환경을 추론하여 설명할 수 있다.
[12지실01-17] 암상 및 지질구조와 화석을 이용하여 층서를 대비하고 이를 통하여 상대 연대를 결정할 수 있다.
[12지실01-18] 방사성 동위 원소의 반감기를 이용한 절대 연령 측정 원리를 이해하고, 자료를 해석하여 연령을 계산할 수 있다.
[12지실01-19] 클리노미터를 이용하여 지층의 주향과 경사를 측정할 수 있다.

[12지실01-20] 지층 등고선, 지층 경계선, 지형 등고선의 개념을 이해하여 지질도를 작성하고 해석할 수 있다.
[12지실01-21] 이론적으로 습득한 지질학적 기초 개념과 기본 원리를 야외 지질 조사를 통하여 적용할 수 있다.
[12지실01-22] 학교 주변의 야외 지질 조사를 통하여 그 지역의 지질 및 지사를 설명할 수 있다.

(2) 대기와 해양의 탐구

인류가 기상 현상에 관심을 가지고 탐구해온 것은 인류의 역사만큼 오래되었지만, 우리 주변의 물리량에 대한 과학적 측정은 17세기부터 이루어져 왔고, 20세기 접어들어 기상위성과 수치예보가 도입되면서 대기와 해양의 운동에 대한 이해의 폭을 넓힐 수 있게 되었다. 대기와 해양에 대한 여러 현상에 대하여 탐구하는 방법을 익히고, 대기와 해양의 상태 및 특성을 파악하는 활동으로 구성되었다.

[12지실02-01] 전향력 효과를 알아보기 위한 실험 장치를 설계하고, 전향력의 영향을 받는 물체의 운동 경로를 설명할 수 있다.
[12지실02-02] 높이에 따른 온도분포 실험을 통해 대기의 안정도를 설명할 수 있다.
[12지실02-03] 단열선도를 구성하는 요소들의 특성을 파악하여 여러 기상 요소들을 결정하고 해석할 수 있다.
[12지실02-04] 최근 기상 관측 자료로부터 일기도를 작성하고 지상 일기도와 상층 일기도를 비교할 수 있다.
[12지실02-05] 위성에서 관측한 가시 영상과 적외선 영상을 해석하여 날씨를 예측할 수 있다.
[12지실02-06] 회전 원통 실험을 통해 대기 대순환을 설명할 수 있다.
[12지실02-07] 난류의 생성 원리를 파악하고 지면의 기복에 따른 대기 난류의 변화를 설명할 수 있다.
[12지실02-08] 지진성 해일 실험 장치를 이용하여 해일의 원리를 알고 쓰나미에 의한 해안 환경의 변화, 피해 등과 관련지어 천해파의 성질을 설명할 수 있다.
[12지실02-09] 우리나라 조석 자료의 분석을 통하여 조석 유형을 결정하고, 조석 현상을 달의 위상과 연계하여 설명할 수 있다.
[12지실02-10] 최근 우리나라 동해, 남해, 서해의 관측 자료를 토대로 수온 약층의 특성을 설명할 수 있다.
[12지실02-11] 우리나라 주변 표층수의 수온과 염분 자료를 통해 해수의 계절적 변화와 그 특징을 알고, 최근 수십 년 동안의 자료로부터 지구 환경이 어떻게 변하였는지 발표할 수 있다.
[12지실02-12] 해양의 밀도 구조와 해류에 의한 해수면 경사의 모양을 그릴 수 있다.
[12지실02-13] 열 염분 순환을 확인할 수 있는 실험을 설계하고 이를 통하여 열 염분 순환의 원리를 설명할 수 있다.

(3) 우주의 탐구

인간의 끊임없는 호기심과 상상력은 우주의 신비를 규명하기 위하여 다양한 관측기기와 탐사선을 만들어 우주를 탐구하였다. 우주를 이해하기 위한 좌표계 및 천체관측의 탐구 방법을 익히고, 천체관측도구인 천체망원경과 CCD를 이용한 탐구 활동을 진행한다. 이를 통해 태양과 행성의 운동 및 달의 운동을 탐구한다. 별의 특성과 물리량을 탐구하고, 별까지의 거리를 구하는 방법을 알아본다. 은하의 특성과 분류, 허블 법칙을 통하여 우주론을 이해한다.

[12지실03-01] 투시 천구의의 사용법을 익혀 지평 좌표계와 적도 좌표계로 천체의 위치를 표시할 수 있다.
[12지실03-02] 구면삼각법과 같은 수학적 요소와 통합하여 해시계의 원리를 이해하고, 해시계를 이용하여 편각, 위도 및 경도를 구할 수 있다.
[12지실03-03] 간이 푸코 진자를 이용하여 지면에 대한 진동면의 상대적인 회전 운동을 이해하고 위도별 회전 주기 변화를 계산할 수 있다.
[12지실03-04] 인공위성을 이용한 원격 탐사의 원리를 이해하고, 실제 사례를 통하여 원격 탐사의 성과와 가치를 발표할 수 있다.
[12지실03-05] 천체 망원경을 조작하여 천체를 관측할 수 있다.
[12지실03-06] 천체 사진 촬영을 위한 기초 이론부터 실제 촬영 사진을 얻기까지 과정을 이해하고, 고정촬영, 가이드촬영, CCD촬영을 통해 천체 사진을 촬영할 수 있다.
[12지실03-07] 달 관측을 통하여 달의 운동을 설명할 수 있다.
[12지실03-08] 달 표면의 크레이터를 관측하기 좋은 조건을 파악하고, 크레이터의 높이를 측정할 수 있다.
[12지실03-09] 행성의 관측을 통하여 행성의 운동을 설명할 수 있다.
[12지실03-10] 행성을 관측한 자료로 부터 케플러 제 3법칙을 유도하고, 목성과 그 위성을 관측한 자료를 이용하여 목성의 질량 계산할 수 있다.
[12지실03-11] 태양의 위치 변화 자료를 이용하여 시태양시, 평균 태양시, 균시차의 개념을 설명할 수 있다.
[12지실03-12] 태양의 시직경 크기 변화를 통해 타원 방정식을 유도할 수 있다.
[12지실03-13] 태양 흑점 발생 자료를 통하여 극대기와 극소기를 파악함으로써 흑점 주기를 알고, 태양 표면의 흑점 관측을 통하여 흑점군 분류 및 상대 흑점 수를 계산할 수 있다.
[12지실03-14] 간이 측광기를 제작하여 태양의 광도를 측정하고 기술, 수학, 환경과 연계하여 실생활에서 태양 에너지를 효과적으로 활용할 수 있는 방법에 대하여 토론할 수 있다.
[12지실03-15] 키르히호프 법칙을 이용한 별의 스펙트럼 분석과 간이 분광기를 통한 다양한 빛의 스펙트럼을 비교할 수 있다.
[12지실03-16] 별의 고유 운동을 측정하여 별의 공간 운동을 설명할 수 있다.
[12지실03-17] 안시 관측, 사진 관측 및 광전 측광에 의한 변광성의 밝기를 측정할 수 있다.
[12지실03-18] 별의 분광형과 절대 등급 사이의 관계를 나타내는 H-R도를 작성할 수 있다.
[12지실03-19] 광도 주기 곡선과 케플러의 제 3법칙을 이용하여 쌍성의 질량을 구할 수 있다.

[12지실03-20] 주계열 맞추기를 통하여 성단까지의 거리를 계산할 수 있다.
[12지실03-21] 세페이드 변광성의 주기·광도 관계를 이용하여 천체까지의 거리를 계산할 수 있다.
[12지실03-22] M31의 회전 곡선과 질량과의 관계를 이해하고 회전 곡선을 이용하여 은하의 질량을 구할 수 있다.
[12지실03-23] 허블 법칙을 이용하여 우주의 크기와 나이를 계산하는 과정을 유도하고 최신 연구 결과를 통하여 우주 팽창에 대하여 설명할 수 있다.

4. 교수·학습 및 평가의 방향

가. 교수·학습 방향

(1) '지구과학 실험'의 교수·학습은 지구, 우주 및 지구 환경과 관련된 주요 개념 체계 중심으로 접근하며, 지구 과학의 최근 연구 동향과 성과 등을 소개하여 진로 탐색에 활용하도록 한다. 학생들의 관심에 따라 고체지구, 대기와 해양, 우주의 한 영역 또는 한 영역의 일부를 주제에 맞게 수업 시기와 장소를 선정하여 운영할 수 있다. 학생의 수준과 흥미, 학교와 지역 사회의 특성 등을 고려하여 고체지구, 대기와 해양, 우주의 내용을 상호 관련시켜서 이들 내용이 통합적으로 이해되도록 내용을 재구성하거나 다양한 학습 방법을 활용하여 지도할 수 있다. 지구과학 분야의 핵심개념을 중심으로 과학 및 과학과 관련된 사회적 쟁점에 대한 자료를 읽고, 이를 활용한 과학 글쓰기와 토론을 통하여 과학적 사고력, 창의적 사고력 및 의사소통 능력 등과 같은 과학과 핵심 역량을 함양할 수 있도록 지도한다.

(2) 탐구 과정을 학습 내용과 적절히 관련시켜 지도함으로써 탐구 능력을 신장시킨다. 또한, 탐구 활동에서 모둠 학습의 경험을 통해 과학 탐구에서 상호 협력이 중요함을 인식시킨다. 탐구 능력 신장과 더불어 과학과 핵심 역량인 문제 인식, 탐구 설계와 수행, 자료의 수집, 분석 및 해석, 수학적 사고와 컴퓨터 활용, 모형의 개발과 사용, 증거에 기초한 토론과 논증, 결론 도출 및 평가, 의사소통 등을 적용하고 신장할 수 있는 기회를 제공한다. 역량 개발은 강의 및 탐구 수업 모두에서 가능하지만 특히 모둠 활동 중에 학생들 간의 상호 작용을 통해 더 효과적으로 개발할 수 있다.

(3) 특히 교수·학습 활동은 가능한 한 학생 참여형으로 진행하며, 수업에서 의사소통을 할 때에는 자신의 의견을 명확히 표현하고 다른 사람의 의견을 존중하는 태도를 가지게 한다. 강의, 토론, 실험, 조사, 견학, 과제연구 등과 같은 다양한 교수·학습 방법을 지구과학 내용과 학생들의 준비 수준에 맞게 적절히 사용한다. 개방적 질문이나 문제 제기를 통해 학생의 고차원적인 사고를 개발하도록 하고, 지구 과학 학습 능력이 뛰어난 학생에게는 그 능력에 따라 교과 내용보다 높은 수

준의 학습 자료를 제공하여 수준별 학습이 되도록 한다.

(4) 첨단 과학, 과학사, 과학과 기술, 과학과 사회, 환경 등 다양한 주제에 관한 책, 미디어 등을 활용하도록 권장함으로써 과학·기술·사회의 상호 관련성을 융합적으로 이해시키고, 최신 과학과 실시간 자료를 활용하여 학습 자료로 활용한다.

(5) 실험 활동은 그 목적과 방법을 이해하고 수행함으로써 유의미한 활동이 되도록 한다. 실험을 하기 전에 안전교육을 반드시 실시하고, 실험 과정에서 안전 수칙을 준수하며 사고 발생 시 대처 방안을 미리 수립한다.

(6) 제한된 시·공간에서 지구과학적 현상을 재현하여 관찰, 실험할 경우 실제와 차이가 있음을 인식시키고, 가능한 실제 자연을 대상으로 야외에서 학습하는 기회를 포함하도록 한다. 야외 탐구 활동 및 현장 학습 시에는 반드시 사전 답사를 실시하고 관련 자료를 조사하여 안전하고 효과적인 수업이 되도록 지도한다.

나. 평가 방향

'지구과학 실험'의 평가는 기본 개념의 이해, 과학의 탐구 능력, 과학적 태도, 과학과 핵심 역량 등을 균형 있게 평가하며, 특히 다음 사항에 주안점을 둔다.

(1) 지구, 우주 및 지구환경과 관련된 기본 개념의 이해는 개념별 이해보다는 핵심개념을 중심으로 한 통합적 이해 및 일상생활의 문제 해결에 개념을 활용하는 능력을 평가하도록 한다.

(2) 탐구 활동 수행 능력과 과학과 핵심 역량 및 이를 일상생활의 문제 해결에 활용하는 능력을 평가한다.

(3) 모둠 활동 및 탐구 활동에 대한 수행평가를 통해 과학에 대한 흥미와 가치 인식, 과학 학습 참여의 적극성, 협동성, 과학적으로 문제를 해결하는 태도, 창의성 등을 평가한다.

(4) 평가는 선다형, 서술형 및 논술형, 관찰, 보고서 검토, 실기 검사, 면담, 포트폴리오 등의 다양한 방법을 활용한다.

(5) 평가는 설정된 성취기준에 근거하여 실시하고, 그 결과를 학습 지도 계획 수립과 지도 방법 개선, 진로 지도 등에 활용한다.

(6) 평가는 평가 계획 수립, 평가 문항과 도구 개발, 평가의 시행, 평가 결과의 처리, 평가 결과의 활용 등의 절차를 거쳐 실시한다.

융합과학 탐구

1. 성격

'융합과학 탐구'는 과학 계열 고등학교 학생 또는 일반계 고등학교에서 과학 과목 중점 교육 과정을 이수하는 학생을 대상으로 한다. 토론과 조사를 거쳐 융합과학 소재의 과제를 선정하여 실험 실습을 수행하고 결론을 도출하여 보고서를 작성하는 일련의 연구 과정을 체험하여 과학자 혹은 일반 시민으로써 갖추어야 할 창의성과 문제 해결 능력을 기르기 위한 과목이다.

'융합과학 탐구'에서는 다양한 탐구 중심의 학습이 이루어지도록 한다. 또한 기본 개념의 통합적인 이해 및 과학의 탐구 경험을 통하여 과학적 사고력, 과학적 탐구 능력, 과학적 문제 해결력, 과학적 의사소통 능력, 과학적 참여와 평생 학습 능력 등의 과학과 핵심 역량을 함양하도록 한다.

과학적 사고력은 과학적 주장과 증거의 관계를 탐색하는 과정에서 필요한 사고이다. 과학적 세계관 및 자연관, 과학의 지식과 방법, 과학적인 증거와 이론을 토대로 합리적이고 논리적으로 추론하는 능력, 추리 과정과 논증에 대해 비판적으로 고찰하는 능력, 다양하고 독창적인 아이디어를 산출하는 능력 등을 포함한다.

과학적 탐구 능력은 과학적 문제 해결을 위해 실험, 조사, 토론 등 다양한 방법으로 증거를 수집, 해석, 평가하여 새로운 과학 지식을 얻거나 의미를 구성해 가는 능력을 말한다. 과학적 탐구를 위해서는 과학 탐구 기능과 지식을 통합하여 적용하고 활용하는 능력이 필요하며 과학적 사고력이 이 과정에 기초가 된다.

과학적 문제 해결력은 과학적 지식과 과학적 사고를 활용하여 개인적 혹은 공적 문제를 해결하는 능력이다. 일상생활의 문제를 해결하기 위해 문제와 관련 있는 과학적 사실, 원리, 개념 등의 지식을 생각해 내고 활용하며 다양한 정보와 자료를 수집, 분석, 평가, 선택, 조직하여 가능한 해결 방안을 제시하고 실행하는 능력이 필요하다. 문제 해결력은 문제 해결 과정에 대한 반성적 사고 능력과 문제 해결 과정에서의 합리적 의사 결정 능력도 포함한다.

과학적 의사소통 능력은 과학적 문제 해결 과정과 결과를 공동체 내에서 공유하고 발전시키기 위해 자신의 생각을 주장하고 타인의 생각을 이해하며 조정하는 능력을 말한다. 말, 글, 그림, 기호 등 다양

한 양식의 의사소통 방법과 컴퓨터, 시청각 기기 등 다양한 매체를 통하여 제시되는 과학기술 정보를 이해하고 표현하는 능력, 증거에 근거하여 논증 활동을 하는 능력 등을 포함한다.

과학적 참여와 평생 학습 능력은 사회에서 공동체의 일원으로 합리적이고 책임 있게 행동하기 위해 과학기술의 사회적 문제에 대한 관심을 가지고 의사 결정 과정에 참여하며 새로운 과학기술 환경에 적응하기 위해 스스로 지속적으로 학습해 나가는 능력을 가리킨다.

2. 목표

'물리학', '화학', '생명과학', '지구과학' '수학' 등의 학습 내용을 기본적인 원리로 하여 '기술', '공학', '예술'과 연계하여 융합형 연구를 수행할 수 있는 능력을 갖추도록 한다.

자연과 일상생활 속에서 관찰될 수 있는 형태와 사건들에서 공통적인 유형을 발견해 낼 수 있고, 그 속에 내재된 원인과 결과의 관계를 도출하여 그 현상이나 내용을 설명할 수 있는 학습을 한다. 어떤 대상의 양적, 질적 크기를 나타내는 척도에 대해 이해하고 비례관계, 양 등을 나타내는 학습을 한다. 에너지와 물질의 관계와 흐름, 순환, 보존에 대해 학습한다. 어떤 물체나 생물의 구조와 기능에 대해 설명하고, 변하지 않는 것과 변하는 것을 찾아내고 논의할 수 있는 탐구를 수행할 수 있다.

현대 과학 연구의 추세에 따라 소집단 활동을 기본으로 하여 서로 협력하여 문제를 해결하는 공동 연구의 경험을 제공하되, 현장의 여건이나 학생의 특성에 맞게 개별 연구과제나 학급별 연구 과제를 수행할 수도 있다.

가. 자연의 세계와 일상생활에서 과학과 기술과 관련된 문제에 대해 인식을 하고, 문제를 과학적, 창의적으로 해결하려는 태도를 기른다.
나. 과학 및 공학적 문제 해결 과정을 이해하고 심층적인 탐구를 수행함으로써 과학자 혹은 공학자로서 갖추어야 할 연구 수행능력을 기른다.
다. 융합과학을 탐구하여 필요한 핵심적인 과학기술 개념을 이해하고 자신과 타인의 연구 과정 및 연구 결과에 대한 의사소통 능력을 기른다.
라. 과학적 탐구 활동 및 문제 해결 활동이 과학기술 발달과 사회의 발전에 미치는 영향을 바르게 인식한다.
마. 이공계를 포함하여 자신이 선택하는 직업 진로에 입문하기 위한 기술들을 갖춘다.

3. 내용 체계

가. 내용 체계

영역	핵심 개념	내용 요소 융합과학 탐구
융합과학 탐구의 방법 및 과정	융합 과학 탐구 능력	• 질문하기 및 문제 인식하기 • 모형 개발 및 사용하기 • 조사 계획 설정 및 수행하기 • 자료 분석 및 해석하기 • 수학 및 계산적 사고를 활용하기 • 설명을 고안하고 해를 설계하기 • 증거를 기초로 하여 논쟁에 참여하기 • 정보를 얻고 평가하고 의사소통하기
	융합과학 탐구의 과정	• 문제 인식 • 가능한 해결 방법 찾기 • 문제 해결 방안 설계하기 • 해결 방안 찾아보기-모델 만들기 • 개선점 찾기
	융합과학 탐구에서의 의사소통	• 탐구 보고서 작성 및 발표 • 토론을 통한 의사 결정
융합과학 탐구의 실제	융합과학 탐구의 실제	• 자율적 융합과학 탐구 수행하기

나. 성취기준

(1) 융합과학 탐구의 방법 및 과정

융합과학 탐구는 융합적인 소재와 주제를 선정하여 각각의 융합요소에 대한 기초적이고 바탕이 되는 과학적 지식 혹은 원리를 이용하여 문제를 해결하는 과정을 통하여 융합과학에 대한 흥미와 호기심을 가지도록 한다. 학생들이 스스로 문제를 인식하고, 문제를 해결하기 위한 방안을 설계하고, 그것을 실제로 구현해 보는 과정을 거쳐 최적의 해결 방안 혹은 대안을 제시하는 과정으로 구성되어 창의적 문제 해결력을 기를 수 있도록 한다.

[12융탐01-01] 융합과학 탐구의 과정으로서 과학 탐구의 귀납적 연구 방법과 가설-연역적 연구 방법을 이용하여 연구의 차이점과 특징을 사례를 들어 설명할 수 있다.

[12융탐01-02] 융합과학 탐구 과정에서 과학 탐구 과정에서와 같이 반드시 지켜야 할 윤리 규정이 무엇이 있는지 설명할 수 있다.

[12융탐01-03] 과학 탐구에서 활용되는 기초적인 탐구 능력으로서 관찰, 측정, 분류, 예상, 추리 등의 탐구 능력을 익혀 융합과학 탐구에 활용할 수 있다.

[12융탐01-04] 융합과학 탐구를 수행하는 과정으로서의 '실천' 능력인 질문하기 및 문제 인식하기, 모형 개발 및 사용하기, 조사 계획 설정 및 수행하기, 자료 분석 및 해석하기, 수학 및 계산적 사고를 활용하기, 설명을 고안하고 해를 설계하기, 증거를 기초로 하여 논쟁에 참여하기, 정보를 얻고, 평가하고, 의사소통하기 등의 요소의 개념을 설명할 수 있다.

[12융탐01-05] 자연과 일상생활에서 관심과 흥미가 있는 연구 주제를 선정하고 관련된 자료를 찾아 구체적인 연구 문제를 선정한다.

[12융탐01-06] 국내외 논문 검색 등을 이용하여 연구에 필요한 자료를 찾을 수 있다.

[12융탐01-07] 자연 현상에 나타나는 규칙성, 그 현상들 사이의 관계 또는 이미 일어났거나 앞으로 일어날 행동과 사건에 대한 잠정적인 설명인 과학적인 가설을 진술할 수 있다.

[12융탐01-08] 공학에서 많이 활용하는 공학적 설계, 과학 탐구 방법에서의 실험 설계 등의 융합적 탐구 방법을 포함하는 탐구의 설계과정을 수행할 수 있다.

[12융탐01-09] 융합과학 탐구의 수행 과정 중에 얻을 수 있는 자료를 이용하여 연구에서 던진 질문 또는 검증하기 위해 설정된 가설 혹은 문제 제기에 대한 확정적 언급인 결론을 도출하거나, 문제 해결 방법을 제안할 수 있다.

[12융탐01-10] 연구의 결과를 보고서로 작성하고 구두 발표 또는 포스터 발표 등 다양한 미디어를 통해 연구 결과를 발표할 수 있다.

[12융탐01-11] 과학과 수학의 원리를 바탕으로 응용이 이루어진 공학, 기술과 예술 분야 등을 관련지어 설명할 수 있다.

[12융탐01-12] 현대 과학 연구에서 공동 작업과 토론의 중요성을 알고, 과학 연구에서 구체적인 토론 방법을 적용할 수 있다.

(2) 융합과학 탐구의 실제

융합과학 탐구는 융합인재교육(STEAM)보다는 포괄적인 탐구 과정이다. 융합과학 탐구 과정은 생활 속의 융합적 요소가 포함된 과학문제를 탐구함으로써 문제 해결 능력을 함양한다. 예를 들어 건축물의 내진설계에 대한 문제를 주제로 삼는다면 기존에 설계된 내진설계의 원리와 방법을 조사해보고, 보다 효율적이고 안정적인 내진 설계를 해나가는 방안을 모색하는 것이 융합과학 탐구의 과정이다.

[12융탐02-01] 최근에 수행된 융합 과학 연구의 사례를 설명할 수 있다.

[12융탐02-02] 스스로 융합 과학 탐구의 전 과정을 수행할 수 있다.

4. 교수·학습 및 평가의 방향

가. 교수·학습 방향

'융합과학 탐구'에서는 탐구 및 실험 학습을 통하여 과학의 핵심 개념 이해 및 '과학적 사고력', '과학적 탐구 능력', '과학적 문제 해결력', '과학적 의사소통 능력', '과학적 참여와 평생 학습 능력' 등과 같은 과학과 핵심 역량을 균형 있게 기를 수 있도록 지도하며, 특히 다음 사항에 주안점을 둔다.

(1) 주제 선정에서부터 연구 계획 수립, 연구 수행, 결과 발표에 이르기까지 학생이 주도하여 창의적으로 수행할 수 있도록 한다. 학생들이 탐구 과정에 대한 어려움을 느낄 수 있는 과정이므로 선행 연구를 검토하면서 주제의 선정, 연구 방법의 차용 등 다양한 활동이 가능하다. 연구 주제 선정과 연구 방법의 설정이 타당한지 지도 교사 혹은 관계 전문가들의 조언을 듣고 검토할 수 있는 시간을 충분히 갖는 것이 필요하다. 이 과정에서는 선행 연구 분석, 과학적 원리에 대한 이해, 학생들 간의 토론, 새로운 아이디어의 제시, 해결 방안의 제시 및 시제품 제작, 해결 방안 혹은 시제품에 대한 평가 등 다양한 탐구 혹은 실천의 요소들이 요구된다. 비교적 긴 기간 동안 연구가 수행되므로 수시로 진행 사항을 점검하고 적절한 격려와 조언을 한다.

(2) 학생 자신이 연구한 과정과 결과를 보고서와 구두 또는 포스터 발표를 통해 공유하는 능력을 함양할 수 있도록 하며 타인의 연구 결과를 이해하고 그 내용에 대하여 토의할 수 있는 능력을 함께 기르도록 한다.

(3) 특정 분야에서 뛰어난 능력을 보이는 학생에게는 개별 지도나 대학에서의 수강 등의 방안을 마련하여, 개인 연구 과제를 계속 추구하도록 장려하고, 대학이나 연구소와 연계하여 융합과학 R&E 과정을 수행하는 등 지역 사회의 자원을 적극 활용한다.

나. 평가 방향

'융합과학 탐구'에서는 과학의 핵심 개념의 이해, 과학의 탐구 능력, 과학적 태도, 과학과 핵심 역량 등을 균형 있게 평가하며, 특히 다음 사항에 주안점을 둔다.

(1) 학습 진행 정도를 수시로 평가하여 학생들의 연구 수행 능력 향상에 도움을 줄 수 있도록 한다.

(2) 다양한 평가 방법을 활용하고, 평가 항목에 따라 적합한 평가 방법을 설계 한다.

(3) 실생활 속에서의 과학 문제의 발견 및 이해, 과학 연구의 본성, 탐구 능력, 과학 연구의 과정, 과학 연구에서의 의사소통, 문제 해결 역량 등의 교과 내용에 대한 평가는 물론 학생의 개별적인 연구 수행 과정을 전반적으로 평가한다.

(4) 평가 내용은 학생들의 수준과 학습 내용, 활동에 따라 학교의 실정과 학급의 상황에 따라 다양하게 구성하며, 종합적인 평가가 이루어질 수 있도록 한다.
(5) 학생들의 수준과 특성에 맞는 수준별 과제를 제시하고, 과정과 성과를 모두 평가한다.
(6) 지필 검사, 관찰, 면담, 포트폴리오 평가, 동료 평가, 연구 발표 대회 등 다양하고 타당한 평가 방법을 활용한다.
(7) 평가 기준을 사전에 구체적으로 제시하여 학생들이 평가 결과를 활용할 수 있도록 한다.
(8) 평가 결과를 기초로 교수·학습 자료의 개발, 교수 전략의 수립, 학생 지도 방안 등을 개선할 수 있도록 한다.

과학과제 연구

1. 성격

'과학과제 연구'는 과학 계열 고등학교 학생 또는 일반계 고등학교에서 과학 과목 중점 교육 과정을 이수하는 학생을 대상으로 하여, 토론과 조사를 거쳐 특정 과학 과제를 선정하여 실험 실습을 수행하고 결론을 도출하여 보고서를 작성하는 일련의 연구 과정을 체험하여 과학자가 갖추어야 할 연구 수행 능력을 기르기 위한 과목이다.

'과학과제 연구'에서는 다양한 탐구 중심의 학습이 이루어지도록 한다. 또한 기본 개념의 통합적인 이해 및 과학의 탐구 경험을 통하여 과학적 사고력, 과학적 탐구 능력, 과학적 문제 해결력, 과학적 의사소통 능력, 과학적 참여와 평생 학습 능력 등의 과학과 핵심역량을 함양하도록 한다.

과학적 사고력은 과학적 주장과 증거의 관계를 탐색하는 과정에서 필요한 사고이다. 과학적 세계관 및 자연관, 과학의 지식과 방법, 과학적인 증거와 이론을 토대로 합리적이고 논리적으로 추론하는 능력, 추리 과정과 논증에 대해 비판적으로 고찰하는 능력, 다양하고 독창적인 아이디어를 산출하는 능력 등을 포함한다.

과학적 탐구 능력은 과학적 문제 해결을 위해 실험, 조사, 토론 등 다양한 방법으로 증거를 수집, 해석, 평가하여 새로운 과학 지식을 얻거나 의미를 구성해 가는 능력을 말한다. 과학적 탐구를 위해서는 과학 탐구 기능과 지식을 통합하여 적용하고 활용하는 능력이 필요하며 과학적 사고력이 이 과정에 기초가 된다.

과학적 문제 해결력은 과학적 지식과 과학적 사고를 활용하여 개인적 혹은 공적 문제를 해결하는 능력이다. 일상생활의 문제를 해결하기 위해 문제와 관련 있는 과학적 사실, 원리, 개념 등의 지식을 생각해 내고 활용하며 다양한 정보와 자료를 수집, 분석, 평가, 선택, 조직하여 가능한 해결 방안을 제시하고 실행하는 능력이 필요하다. 문제 해결력은 문제 해결 과정에 대한 반성적 사고 능력과 문제 해결 과정에서의 합리적 의사 결정 능력도 포함한다.

과학적 의사소통 능력은 과학적 문제 해결 과정과 결과를 공동체 내에서 공유하고 발전시키기 위해 자신의 생각을 주장하고 타인의 생각을 이해하며 조정하는 능력을 말한다. 말, 글, 그림, 기호 등 다양

한 양식의 의사소통 방법과 컴퓨터, 시청각 기기 등 다양한 매체를 통하여 제시되는 과학기술 정보를 이해하고 표현하는 능력, 증거에 근거하여 논증 활동을 하는 능력 등을 포함한다.

과학적 참여와 평생 학습 능력은 사회에서 공동체의 일원으로 합리적이고 책임 있게 행동하기 위해 과학기술의 사회적 문제에 대한 관심을 가지고 의사 결정 과정에 참여하며 새로운 과학기술 환경에 적응하기 위해 스스로 지속적으로 학습해 나가는 능력을 가리킨다.

2. 목표

'물리학', '화학', '생명과학', '지구과학' 등의 학습 내용과 연계하여 심화된 연구를 수행할 수 있는 능력을 갖추도록 한다. 토론 및 조사를 통해 과학의 연구 분야를 탐색하고, 관심 있는 주제를 선정하여 다양한 자료를 수집한 후 실험 실습 활동을 수행하여 학습한다. 실험 결과를 해석하여 결론을 도출하고 연구 결과 보고서를 작성하여 발표하는 기회를 갖는다. 현대 과학 연구의 추세에 따라 소집단 활동을 기본으로 하여 서로 협력하여 문제를 해결하는 공동 연구의 경험을 제공하되, 현장의 여건이나 학생의 특성에 맞게 개별 연구 과제나 학급별 연구 과제를 수행할 수도 있다.

3. 내용 체계

가. 내용 체계

영역	핵심 개념	내용 요소
		과학과제 연구
과학 연구의 방법 및 과정	연구 설계	• 연구 방법론 및 윤리 규정 • 주제 선정 및 문헌 조사
	탐구 활동	• 탐구 설계 • 자료 수집 및 해석
	결론 도출 및 발표	• 결론 도출 • 보고서 작성 및 발표

나. 성취기준

(1) 과학 연구의 방법 및 과정

연구 방법론 및 윤리 규정을 조사하고 연구 주제 선정을 한 후 탐구 활동으로 자료를 수집, 해석하여 결론을 도출하고 발표한다.

[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 개념을 설명할 수 있다.
[12과연01-03] 과학 연구의 윤리 규정을 설명할 수 있다.
[12과연01-04] 관심과 흥미가 있는 연구 주제를 탐색하고 관련된 자료를 찾아 구체적이고 독창적인 연구 주제를 선정한다.
[12과연01-05] 국내외 논문 검색 등을 이용하여 연구에 필요한 자료를 찾을 수 있다.
[12과연01-06] 자료 및 문헌 조사를 통해 연구 주제와 관련된 선행 연구의 자료를 모을 수 있다.
[12과연01-07] 연구 목적을 달성할 수 있는 탐구 방법과 내용을 설계하고 필요한 기기 및 재료를 확보할 수 있다.
[12과연01-08] 관찰 또는 실험 등을 통해 자료를 획득할 수 있다.
[12과연01-09] 획득한 자료를 표, 그래프 등으로 변환할 수 있다.
[12과연01-10] 자료를 해석하여 연구에서 던진 질문 또는 가설에 대한 해답을 찾으며, 이때 필요하면 문헌 조사를 병행하고 추가적인 관찰 또는 실험 등을 수행할 수 있다.
[12과연01-11] 자료 해석을 바탕으로 연구 결론을 도출할 수 있다.
[12과연01-12] 연구 결과를 보고서로 작성하며, 보고서 작성 시 참고 문헌을 명확히 표기할 수 있다.
[12과연01-13] 구두 또는 포스터 등의 방식으로 연구 결과를 발표할 수 있다.

4. 교수·학습 및 평가의 방향

가. 교수·학습 방향

‘과학과제 연구’에서는 탐구 및 실험 학습을 통하여 과학의 핵심 개념 이해 및 ‘과학적 사고력’, ‘과학적 탐구 능력’, ‘과학적 문제 해결력’, ‘과학적 의사소통 능력’, ‘과학적 참여와 평생 학습 능력’ 등과 같은 과학과 핵심역량을 균형 있게 기를 수 있도록 지도하며, 특히 다음 사항에 주안점을 둔다.

(1) 학습 효과의 극대화를 이룰 수 있도록 과제의 성격 등에 맞게 수업 시기와 장소를 선정하여 운영하며 소집단 탐구를 통하여 서로 협력할 수 있도록 계획하되, 여건에 따라 개별 탐구도 수행할 수 있다.
(2) 주제 선정에서부터 연구 계획 수립, 연구 수행, 결과 발표에 이르기까지 학생이 주도하여 창의적으로 수행할 수 있도록 하고, 비교적 긴 기간 동안 연구가 수행되므로 수시로 진행 사항을 점검하고 적절한 격려와 조언을 한다.
(3) 학생 자신이 연구한 과정과 결과를 보고서와 구두 또는 포스터 발표를 통해 공유하는 능력을 함양할 수 있도록 하며 타인의 연구 결과를 이해하고 그 내용에 대하여 토의할 수 있는 능력을 함께 기르도록 한다.
(4) 특정 분야에서 뛰어난 능력을 보이는 학생에게는 개별 지도나 대학에서의 수강 등의 방안을 마련하여, 개인 연구 과제를 계속 추구하도록 장려하고, 대학이나 연구소와 연계하여 R&E 과정을 수행하는 등 지역 사회의 자원을 적극 활용한다.
(5) 원활한 학습을 위해서는 학생들이 다양한 과제 연구의 사례를 접할 수 있도록 연구 사례를 충분히 분석할 수 있는 자료를 준비하고, 학생들이 최근의 연구 동향을 접할 수 있도록 관련된 자료를 준비한다.

나. 평가 방향

'과학과제 연구'에서는 과학의 핵심 개념의 이해, 과학의 탐구 능력, 과학적 태도, 과학과 핵심역량 등을 균형 있게 평가하며, 특히 다음 사항에 주안점을 둔다.

(1) 연구 진행 정도를 수시로 평가하여 학생들의 연구 수행 능력 향상에 도움을 줄 수 있도록 하며, 다양한 평가 방법을 활용하고, 평가 항목에 따라 적합한 평가 방법을 설계한다.
(2) 탐구 능력, 과학 연구의 과정, 과학 연구에서의 의사소통 등에 대한 평가는 물론 학생의 개별적인 연구 수행 과정을 전반적으로 평가한다.
(3) 평가 내용은 학생들의 수준과 학습 내용, 활동에 따라 학교의 실정과 학급의 상황에 따라 다양하게 구성하며, 종합적인 평가가 이루어질 수 있도록 한다.
(4) 연구의 수준, 과정, 결과를 모두 평가하며, 보고서 평가, 관찰, 면담, 포트폴리오 평가, 동료 평가, 연구 발표 대회 등 다양하고 타당한 평가 방법을 활용한다.
(5) 평가 기준을 사전에 구체적으로 제시하여 학생들이 평가 결과를 활용할 수 있도록 하고, 수시로 평가하여, 학생들이 연구의 과정에 반영할 수 있도록 한다.
(6) 최종 평가 결과를 기초로 교수·학습 자료의 개발, 교수 전략의 수립, 학생 지도 방안 등을 개선할 수 있도록 한다.

생태와 환경

1. 성격

'생태와 환경'은 생태와 환경에 관심이 있는 학생을 대상으로 하는 미래의 과학 인재들의 생태와 환경에 대한 과학적 소양을 함양하여 개인적인 실천뿐만 아니라 진로를 결정하는데 필요한 지식을 제공한다. '생태와 환경'은 최신의 생태 및 환경 문제에 대한 심화된 내용에 대한 지식적 이해와 함께 과학적 탐구 과정을 직접 체험해 봄으로써 생태와 환경 문제를 합리적으로 해결하는 예비 과학자 혹은 일반 시민으로써의 기초 소양을 함양하고, 이를 활용하여 인류의 지속가능한 발전에 기여하는 태도를 함양하기 위한 과목이다.

'생태와 환경'에서는 다양한 탐구 중심의 학습이 이루어지도록 한다. 또한 기본 개념의 통합적인 이해 및 과학의 탐구 경험을 통하여 과학적 사고력, 과학적 탐구 능력, 과학적 문제 해결력, 과학적 의사소통 능력, 과학적 참여와 평생 학습 능력 등의 과학과 핵심역량을 함양하도록 한다.

과학적 사고력은 과학적 주장과 증거의 관계를 탐색하는 과정에서 필요한 사고이다. 과학적 세계관 및 자연관, 과학의 지식과 방법, 과학적인 증거와 이론을 토대로 합리적이고 논리적으로 추론하는 능력, 추리 과정과 논증에 대해 비판적으로 고찰하는 능력, 다양하고 독창적인 아이디어를 산출하는 능력 등을 포함한다.

과학적 탐구 능력은 과학적 문제 해결을 위해 실험, 조사, 토론 등 다양한 방법으로 증거를 수집, 해석, 평가하여 새로운 과학 지식을 얻거나 의미를 구성해 가는 능력을 말한다. 과학적 탐구를 위해서는 과학 탐구 기능과 지식을 통합하여 적용하고 활용하는 능력이 필요하며 과학적 사고력이 이 과정에 기초가 된다.

과학적 문제 해결력은 과학적 지식과 과학적 사고를 활용하여 개인적 혹은 공적 문제를 해결하는 능력이다. 일상생활의 문제를 해결하기 위해 문제와 관련 있는 과학적 사실, 원리, 개념 등의 지식을 생각해 내고 활용하며 다양한 정보와 자료를 수집, 분석, 평가, 선택, 조직하여 가능한 해결 방안을 제시하고 실행하는 능력이 필요하다. 문제 해결력은 문제 해결 과정에 대한 반성적 사고 능력과 문제 해결 과정에서의 합리적 의사 결정 능력도 포함한다.

과학적 의사소통 능력은 과학적 문제 해결 과정과 결과를 공동체 내에서 공유하고 발전시키기 위해 자신의 생각을 주장하고 타인의 생각을 이해하며 조정하는 능력을 말한다. 말, 글, 그림, 기호 등 다양한 양식의 의사소통 방법과 컴퓨터, 시청각 기기 등 다양한 매체를 통하여 제시되는 과학기술 정보를 이해하고 표현하는 능력, 증거에 근거하여 논증 활동을 하는 능력 등을 포함한다.

과학적 참여와 평생 학습 능력은 사회에서 공동체의 일원으로 합리적이고 책임 있게 행동하기 위해 과학기술의 사회적 문제에 대한 관심을 가지고 의사 결정 과정에 참여하며 새로운 과학기술 환경에 적응하기 위해 스스로 지속적으로 학습해 나가는 능력을 가리킨다.

2. 목표

'생태와 환경'에서는 생태와 환경 문제를 해결하기 위해 여러 가지 환경 문제의 양상과 원인을 알고, 이를 해결하기 위한 과학적인 접근 방식과 합리적이고 민주적인 의사 결정 과정을 체험함으로써 환경 과학 개념의 통합적 이해, 과학적 탐구 능력과 문제 해결력 함양, 능동적 참여 태도 함양, 과학· 기술· 사회의 상호 관계 인식 등을 높이는 것이 목표이다.

'생태와 환경'의 내용은 환경과 인간, 자원과 에너지, 환경 문제와 대책, 환경 보전 등의 영역으로 구성한다. 각 영역은 몇 개의 핵심적인 주제로 구성하며, 다양한 탐구 활동과 최신의 사례 등을 다룸으로써 생태와 환경에 관련된 문제를 통합적으로 이해하고, 탐구 능력을 함양할 수 있으며, 환경 보전에 환경 과학과 과학기술, 인간의 미래사회를 올바르게 전망하도록 한다.

'생태와 환경'에서는 학생의 일상생활과 관련된 경험을 적극적으로 활용하여 호기심과 흥미 및 동기를 유발하고, 체험 활동, 실험 실습, 과제 학습, 글쓰기, 토론 등 다양한 활동을 포함하여 문제 해결 능력, 의사소통 능력, 의사 결정 능력 등이 신장될 수 있도록 한다.

가. 지속가능한 발전 등 환경 보전에 대한 올바른 가치관을 가지고, 환경의 질을 개선하기 위해 개인적, 사회적 활동에 능동적으로 참여하려는 태도를 가진다.
나. 생태와 환경에 대한 탐구 과정을 통하여 과학적 탐구 능력을 기르고, 문제 해결력을 함양하여 환경 보전에 이를 활용한다.
다. 생태계에 대한 이해를 바탕으로 환경과 인간, 자원과 에너지, 환경 문제와 대책, 환경 보전 등의 환경 기초 소양이 되는 기본 개념과 심화된 내용을 통합적으로 이해한다.
라. 생태와 환경과 과학기술, 사회의 상호 관계를 총체적으로 인식하여 실생활에 적용할 수 있으며, 생태와 환경 관련 진로를 탐색할 수 있다.

3. 내용 체계

가. 내용 체계

영역	핵심 개념	일반화된 지식	내용 요소 생태와 환경	기능
환경과 인간	환경관과 생명 윤리	환경관에 따라 환경을 대하는 태도가 다르다.	• 환경의 특성 • 자연관 • 환경관 • 인간의 위치 • 생명 윤리 • 환경 정의	• 문제 인식 • 탐구 설계와 수행 • 자료의 수집·분석 및 해석 • 수학적 사고와 컴퓨터 활용 • 모형의 개발과 사용 • 증거에 기초한 토론과 논증 • 결론 도출 및 평가 • 의사소통
	생태계와 인간	생물다양성을 보전함으로써 인류는 다양한 혜택을 누릴 수 있다.	• 생태계 • 생물다양성 • 생물자원 • 멸종 • 생태계 교란 • 생태계 복원	
	환경과 지속가능 발전	자연환경을 보전해야 지속가능 발전이 가능하다.	• 국토 이용 • 도시화 • 지구 환경 변화 • 지속가능 발전	
자원과 에너지	인구와 식량	식량 자원 개발과 평등한 분배를 통해 식량 부족을 해결할 수 있다.	• 인구 문제 • 식량 자원 • 경작지 감소 • GMO	
	에너지와 인류의 미래	신재생 에너지와 자원 재활용을 통해 자원과 에너지 고갈을 극복한다.	• 자원의 종류 • 자원고갈 • 신재생 에너지 • 자원 재활용	
환경 문제와 대책	환경 오염과 대책	오염 저감 기술과 방지 시설 통해 대기, 수질, 토양 오염을 줄인다.	• 대기 오염 • 수질 오염 • 부영양화 • 녹조 현상 • 적조 현상 • 토양 오염 • 소음	

영역	핵심 개념	일반화된 지식	내용 요소 생태와 환경	기능
	사막화와 기후 변화	사막화와 기후 변화는 지구적인 환경 문제이며 이를 해결하기 위해 국제적인 노력이 필요하다.	• 사막화 • 물부족 • 화석 연료 사용 • 지구 온난화 • 기후 변화	
	환경 보건과 위생	내분비계 교란 물질과 방사능 물질은 생물 농축에 의해 인간에게 피해를 준다.	• 내분비계 교란 물질 • 생물농축 • 방사능 물질 • 환경 보건	
환경 보전	지역 환경과 지구 환경	환경 문제 해결을 위해 개인·사회·국가·국제사회의 역할이 필요하다.	• 개인·사회·국가·국제사회의 역할 • 환경 과학기술	
	생태적 삶	생태적 삶이 환경 문제를 해결할 수 있다.	• 친환경소비 • 적정기술 • 생태경제 • 국제기구의 활동과 협약 • 진로 탐색	

나. 성취기준

(1) 환경과 인간

인류의 문명이 발전을 거듭하면서 과학기술이 인류에게 편리함을 제공해주었다면 다른 한편으로는 의도하지 못했던 환경 오염, 대량 살상 등의 치명적인 문제를 만들어왔다는 사실을 이해하고 지속가능한 발전에 대한 관심을 가지도록 한다. 인류를 둘러싼 생태 환경은 인류의 편리함을 위해서만 존재하는 것이 아니고 그 나름의 존재 가치가 있으며, 생물다양성의 확보, 지속가능한 발전 등은 인류의 생존에 중요한 영향을 주는 것으로 생태와 환경의 문제를 과학뿐만 아니라 사회적 쟁점 등에 대하여 고찰하고 대안을 제시할 수 있도록 한다.

[12생환01-01] 기술 지향 주의 또는 생태 지향 주의와 같은 환경관에 따라 환경을 대하는 태도가 달랐음을 이해하고, 자연과 인간이 평화롭게 공존하기 위한 방법을 토론을 통해 모색할 수 있다.

[12생환01-02] 생물다양성의 의미를 이해하고 생명 윤리의 관점에서 생물다양성은 인류에게 주는 혜택과 상관없이 보전해야 하는 본래적인 가치가 있음을 설명할 수 있다.

[12생환01-03] 생태계 서비스, 생물 자원 등 생물다양성이 인류에 주는 혜택을 설명할 수 있다.
[12생환01-04] 서식지 파괴, 외래종 도입, 남획 등 생물다양성을 위협하는 요인을 알고 생물다양성을 보전하기 위한 대책을 설명할 수 있다.
[12생환01-05] 지속가능한 발전의 의미와 지속가능한 경제 활동 및 생활양식을 인식하고 적용과정에서 발생하는 사회적 쟁점을 고찰할 수 있다.
[12생환01-06] 도시화와 산업화에 따른 지구 환경의 변화를 이해하고 보호 지역을 지정하는 등 자연환경을 보전할 수 있는 방안을 설명할 수 있다.
[12생환01-07] 환경 문제의 발생 과정이 과학기술의 양면성과 관련이 깊다는 것을 이해하고 과학기술의 역할에 대한 자료를 수집하고 발표할 수 있다.

(2) 자원과 에너지

인구 증가, 경작지 감소, 자원의 불균형 분배, 유전자 재조합 식품 등 식량 자원과 관련된 문제에 대한 호기심과 흥미를 가지도록 한다. 현재 당면한 문제 역시 식량자원, 에너지 자원 등이 있으며 그에 대한 대안의 마련이 인류의 장래를 결정할 수 있는 중요한 문제이다. 기존의 자원과 에너지, 신재생 에너지는 무엇이며, 이들의 활용 가능성은 얼마나 될지 논의하고 해결방안을 제시할 수 있도록 한다.

[12생환02-01] 인구의 증가, 경작지 감소, 식량 자원의 불균형 분배에 따른 식량 문제를 이해하고, 이를 해결하기 위한 방안을 토론을 통해 모색할 수 있다.
[12생환02-02] 유전자 재조합 식품(GMO) 등의 장단점을 분석하여 비판적으로 사고할 수 있으며 해결 방안을 모색할 수 있다.
[12생환02-03] 자원의 의미와 종류, 생물자원의 중요성 등을 이해하고, 자원 재활용을 통해 자원 고갈에 대비할 수 있음을 설명할 수 있다.
[12생환02-04] 신재생 에너지의 종류와 특징을 이해하고 에너지 문제 해결을 위한 방안을 제시할 수 있다.

(3) 환경 문제와 대책

대기 오염, 수질, 해양 및 토양 오염, 생활환경 오염, 사막화와 기후 변화, 내분비계 장애 물질, 방사능 물질에 대한 관심을 가지도록 한다. 황사, 미세 먼지 문제, 여름철 적조 현상, 녹조 현상 등 우리 주변에서 끊임없이 일어나는 환경 문제와 이를 해결하기 위한 인류의 노력을 이해할 수 있도록 한다. 특히 최근의 국소적, 지역적인 것에서 벗어나 전지구적인 문제로 확대되고 있는 환경 오염 문제를 해결하기 위한 국제적인 협력 등 다양한 노력을 이해할 수 있도록 한다.

[12생환03-01] 황사, 미세 먼지 등 대기 환경 문제의 원인과 실태를 조사하고 해결 방안을 제시할 수 있다.
[12생환03-02] 수질, 해양 및 토양 오염의 원인과 대책, 자연 정화 등을 파악하고 신기술 개발 사례를 이해한다.
[12생환03-03] 폐기물, 소음, 실내 공기 오염, 악취, 광공해, 진동 등 생활 환경 오염 문제와 대책을 이해한다.
[12생환03-04] 사막화와 기후 변화는 지구적인 환경 문제임을 이해하고 이를 해결하기 위해서는 국제 사회의 협력이 필요함을 설명할 수 있다.
[12생환03-05] 내분비계 장애 물질과 방사능 물질은 생물 농축에 의해 피해가 증폭될 수 있음을 이해하고 이러한 피해를 줄일 수 있는 생활 태도를 제시할 수 있다.

(4) 환경 보전

자연환경 보전의 필요성을 지속가능한 발전과 연계하여 이해하고, 자연환경 보전을 위한 방안에 참여할 수 있는 관심과 태도를 가지도록 한다. 생태계의 보전 즉, 자연환경의 보존을 위한 노력은 개인의 노력과 사회, 국가, 국제적인 협력 등에 대한 이해, 생태계의 지속가능한 발전을 위한 노력, 적정기술, 생태 경제 등 환경 문제 등 사회적인 문제에 대해 탐색하고 대안을 제시 할 수 있도록 한다.

[12생환04-01] 자연환경 보전의 필요성을 지속가능한 발전과 연계하여 설명할 수 있다.
[12생환04-02] 개인, 사회, 국가, 국제 사회의 환경 보전 역할을 이해하고 참여 방안을 탐색할 수 있다.
[12생환04-03] 국제기구의 활동과 중요한 환경 협약을 이해하고 미래의 지구 환경을 예상할 수 있다.
[12생환04-04] 적정 기술, 생태 경제 등 환경 문제와 사회의 관련성을 이해하고 환경 과학 관련 진로를 탐색할 수 있다.

4. 교수·학습 및 평가의 방향

가. 교수·학습 방향

‘생태와 환경’에서는 탐구 및 실험 학습을 통하여 과학의 핵심 개념 이해 및 ‘과학적 사고력’, ‘과학적 탐구 능력’, ‘과학적 문제 해결력’, ‘과학적 의사소통 능력’, ‘과학적 참여와 평생 학습 능력’ 등과 같은 과학과 핵심역량을 균형 있게 기를 수 있도록 지도하며, 특히 다음 사항에 주안점을 둔다.

(1) 최근 발생하는 기후 변화, 생태계 변화 등 환경 문제가 인간 사회에 미치는 영향을 고려하여, 인간, 사회, 환경의 상호 관련성에 유의하고, 실제로 발생하고 있는 최신의 사례 등을 중심으로 수업이 이루어지도록 한다. 학교 실정과 지역 사회의 특성을 고려하여 학습 시기와 장소 등을 조절하여 운영한다. '과학' 및 다른 과목과의 연계성을 고려하여, 목표의 강조점, 내용의 범위와 수준을 조정한다. '생태와 환경' 과목은 과학뿐만 아니라 사회 등 여러 학문으로부터 얻어진 지식을 환경 문제의 인식 및 해결에 응용하는 종합 과학의 성격을 가지므로 통합적인 관점에서 환경을 이해할 수 있도록 한다.

(2) 학습 시 관련된 일상생활의 문제나 학생의 경험을 적극적으로 활용한다. 자료 분석, 문제 인식 및 가설 설정, 결론 도출 및 평가 등의 탐구 과정을 학습 주제와 관련시켜 지도하여 탐구 능력을 신장시킨다. 인지적 영역과 정의적 영역의 균형을 위하여 역할 놀이, 체험 활동 등 참여 활동을 통한 환경 감수성을 함양시키는 방법을 활용한다. 야외 조사, 실험 실습, 과제 학습, 비평, 글쓰기 등 다양한 교수·학습 방법을 적절히 활용하여 문제 해결, 의사소통 중심의 수업이 전개될 수 있도록 한다. 일상생활에서 환경 문제를 올바르게 인식하여 환경 보호에 참여하고 실천하는 태도를 기르고, 진로를 '생태와 환경' 과목과 관련지어 탐색해 보도록 한다. 과학, 기술, 사회와 관련된 환경 쟁점을 찾아 토론하는 과정을 통해 윤리관, 의사 결정력을 함양하도록 한다.

(3) 지역 환경의 특성에 따른 다양한 생태 문화 공간을 교수·학습 자료로 도입한다. 읽기, 논술 등의 언어적 상호 작용을 위한 자료로 일반도서, 환경 과학 도서, 신문, 잡지 등을 활용한다. 일상생활의 경험과 관련 있는 친숙한 소재를 인터넷, 신문, 텔레비전 보도 자료, 사진, 동영상, 영화 등의 다양한 시청각 자료에서 찾아 활용한다. 타 교과와 연계된 환경 과학 소재를 과학, 기술, 사회의 상호 작용 이해를 위한 학습 자료로 활용한다.

나. 평가 방향

'생태와 환경'에서는 과학의 핵심 개념의 이해, 과학의 탐구 능력, 과학적 태도, 과학과 핵심역량 등을 균형 있게 평가하며, 특히 다음 사항에 주안점을 둔다.

(1) 학습 목표에 준거하여 객관적 평가 목표를 설정하고, 인지적 영역과 정의적 영역이 균형을 이루도록 평가 기준을 세운다.

(2) 평가 내용은 첫째, 생태와 환경에 대한 주요 개념과 심화된 학습 내용의 통합적 이해, 둘째, 탐구 과정에 따른 탐구 활동 수행 능력과 문제 해결 능력, 셋째, 생태와 환경에 대한 가치, 과학적 태도, 환경 보전에 대한 능동적 참여 등, 넷째, 환경 과학, 기술과 사회와의 상호 관계를 인식하여 일상생활에 적용할 수 있는 능력을 평가한다.

(3) 평가 방법은 지필 검사, 글쓰기 활동, 사례 발표, 토의, 면담, 작품 발표, 사회 활동 참여 등의 다양한 평가 방법을 사용한다. 또한, 면담, 포트폴리오 등 다양한 방법을 활용하여 이해, 흥미 및

가치 인식의 변화 등을 평가한다.

(4) 객관적인 평가를 위하여 평가 기준을 사전에 구체적으로 제시한다. 평가 결과는 학습 지도의 계획이나 개선, 진로 지도에 활용하고, 봉사 활동, 포트폴리오 등은 진로 지도 및 평생 교육 자료로 활용한다.

정보과학

1. 성격

21세기 지식·정보사회의 인재는 정보와 정보처리기술을 올바르게 활용할 뿐만 아니라, 새로운 지식과 정보, 기술을 창의적으로 생성하고 이를 통해 문제를 해결하는 능력을 갖추어야 한다. 정보과학 과목은 컴퓨터과학의 기본 개념과 원리 및 기술을 바탕으로 창의적이고 효율적으로 다양한 분야의 문제를 해결하는 역량을 기르기 위한 과목이다.

따라서 정보과학 과목은 컴퓨터과학에 대한 깊이 있는 이해를 바탕으로 디지털 사회에서 발생하는 다양하고 복합적인 문제들을 분석하여 구조화하고, 효율적인 문제 해결을 위해 알고리즘을 설계하며 이를 프로그래밍을 통해 해결하는 창의적인 문제 해결 역량을 신장한다. 또한 이러한 역량을 바탕으로 실세계나 타 학문 분야의 융합 문제들을 컴퓨팅 기반의 시뮬레이션이나 피지컬 컴퓨팅을 통해 해결할 수 있는 창의적인 인재를 기르기 위한 과목이며 다음과 같은 기능을 가진다.

첫째, 컴퓨터과학의 개념과 원리를 습득하고 컴퓨팅 기기를 활용한 창의적이고 실제적인 문제 해결 능력을 신장한다.

둘째, 실생활 및 다양한 학문 분야의 문제를 추상화하고 컴퓨팅 기기에서 자동화할 수 있는 알고리즘적 사고와 프로그래밍 역량을 함양한다.

셋째, 프로그래밍에 기반한 실험 및 실습을 통해 컴퓨터과학의 개념 및 원리를 깊이 있게 이해하고 실제적으로 구현하는 능력을 기른다.

넷째, 다양한 분야의 문제 해결 및 융합 프로젝트의 수행 과정을 통해 효과적인 의사소통 및 협업 능력을 배양하고 컴퓨터의 올바른 활용 방법을 이해하고 실천하는 능력을 함양한다.

정보과학 과목의 내용은 ‘프로그래밍’, ‘자료 처리’, ‘알고리즘’, ‘컴퓨팅 시스템’ 영역으로 구분되며, 네 영역 모두 컴퓨팅 사고력을 기반으로 실생활 및 다양한 학문 분야의 복잡한 문제를 해결하는 능력

에 중점을 둔다.

정보과학 과목에서 추구하는 역량은 '컴퓨팅 사고력'과 '협력적 문제해결력'으로 역량별 의미와 하위 요소는 다음과 같다.

'컴퓨팅 사고력'은 컴퓨터과학의 기본 개념과 원리 및 컴퓨팅 시스템을 활용하여 실생활 및 다양한 학문 분야의 문제를 이해하고 창의적으로 해법을 구현하여 적용할 수 있는 능력을 말한다. '컴퓨팅 사고력'은 '추상화(abstraction)능력'과 프로그래밍으로 대표되는 '자동화(automation)능력', '창의·융합능력'을 포함한다. 추상화는 문제의 복잡성을 제거하기 위해 사용하는 기법으로 핵심요소 추출, 문제 분해, 모델링, 분류, 일반화 등의 방법으로 이루어진다. 추상화 과정을 통해 도출된 문제 해결 모델은 프로그래밍 과정을 통해 자동화된다.

'협력적 문제해결력'은 네트워크 컴퓨팅 환경에 기반한 다양한 지식·학습 공동체에서 공유와 효율적인 의사소통, 협업을 통해 문제를 창의적으로 해결할 수 있는 능력을 말한다. '협력적 문제해결력'은 '협력적 컴퓨팅 사고력', '디지털 의사소통능력', '공유와 협업능력'을 포함한다.

고등학교 '정보과학'은 중학교에서 이수한 '정보'와 고등학교 '정보'의 심화 과목으로서 내용체계의 연계성을 갖는다.

2. 목표

정보과학 과목의 목표는 컴퓨터과학의 기본 개념과 원리, 컴퓨팅 기술을 바탕으로 실생활 및 다양한 학문 분야의 문제를 창의·융합적으로 해결하는 능력과 협력적 태도를 기르는 데 중점을 둔다.

가. 프로그래밍을 통해 소프트웨어를 개발하고 문제를 해결하는 역량을 기른다.
나. 자료를 효율적으로 처리하는 방법을 이해하고 문제 해결에 활용하는 능력을 기른다.
다. 다양한 학문 분야의 복잡한 문제를 해결하기 위한 효율적인 알고리즘을 설계하고 구현하는 능력을 기른다.
라. 컴퓨팅 시스템의 구성 및 동작 원리를 이해하고 실생활의 문제를 해결할 수 있는 창의적 컴퓨팅 시스템을 구현할 수 있는 능력을 기른다.

3. 내용 체계 및 성취기준

가. 내용 체계

영역	핵심 개념	일반화된 지식	내용 요소	기능
프로그래밍	연산 수행	변수와 상수, 연산자를 이용하여 연산을 수행한다.	• 변수와 상수 • 연산자	분석하기 설계하기 추상화하기 프로그래밍하기 개발하기
	자료 저장	자료 저장 및 처리에 효율적인 자료형을 선택하거나 정의하여 활용한다.	• 자료형 • 다차원 배열	
	흐름 제어	효율적인 프로그램을 설계하기 위해 프로그램의 실행 흐름을 제어한다.	• 순차, 선택, 반복 구조 • 중첩 제어 구조	
	모듈화	프로그램의 생산성과 최적화를 위해 프로그램 구조를 기능 단위로 분할한다.	• 함수 • 변수의 영역	
자료 처리	자료구조	자료와 정보를 효율적으로 처리하고 관리하기 위해 자료 간의 관계를 구조화하고 정의한다.	• 선형 자료구조 • 비선형 자료구조	비교하기 분석하기 표현하기 추상화하기 프로그래밍하기
	정렬과 탐색	정렬과 탐색은 컴퓨터 내부의 자료 처리를 위한 기본적인 방법이다.	• 자료의 정렬 • 자료의 탐색	
알고리즘	문제와 알고리즘	계산의 관점에서 문제를 분류하고, 문제 해결을 위한 알고리즘의 복잡도를 표현함으로써 성능을 비교하고 효율성을 분석한다.	• 문제 • 알고리즘 복잡도	분석하기 분류하기 설계하기 표현하기 추상화하기 프로그래밍하기 구현하기 협력하기
	탐색기반 알고리즘	컴퓨팅 시스템의 탐색 능력을 기반으로 해를 찾는 알고리즘을 설계하고 탐색 공간을 줄임으로써 효율성을 높인다.	• 전체 탐색 • 탐색 공간의 배제	
	관계기반 알고리즘	주어진 문제와 부분 문제와의 관계를 정의하고 동적 테이블을 구성하는 방법으로 최적해를 구한다.	• 관계 정의 • 동적 계획법	
컴퓨팅 시스템	시뮬레이션	모의실험을 설계하고 구현하기 위해 근사, 난수, 시각화 등의 방법을 이용한다.	• 시뮬레이션 설계 • 시뮬레이션 구현	분석하기 설계하기 시뮬레이션하기 프로그래밍하기 구현하기 협력하기
	피지컬 컴퓨팅	마이크로컨트롤러와 다양한 입·출력 장치로 피지컬 컴퓨팅 시스템을 구성하고 프로그래밍을 통해 제어한다.	• 피지컬 컴퓨팅 구성 • 피지컬 컴퓨팅 구현	

나. 성취기준

(1) 프로그래밍

프로그래밍 영역의 성취기준은 컴퓨터과학의 개념 및 원리를 깊이 있게 이해하고 실제적인 문제 해결 역량을 함양하는 데 중점을 두어 설정하였다. 텍스트 기반 프로그래밍을 통해 소프트웨어를 개발하는 방법을 습득하는 것이 이 영역의 기본적인 학습 활동이다. 프로그래밍의 이해는 자료 처리, 알고리즘, 컴퓨팅 시스템 영역에서의 문제 해결을 위해 필요한 선행과정이다. 따라서 이 영역에서는 연산 수행, 자료 저장, 흐름 제어, 모듈화의 개념과 원리를 이해하고 이를 적용한 효율적인 문제 해결 프로그램의 구현에 중점을 둔다.

[12정과01-01] 변수와 상수를 활용하여 프로그램을 작성한다.
[12정과01-02] 다양한 연산자를 활용하여 프로그램을 작성한다.
[12정과01-03] 기본 자료형과 사용자 정의 자료형을 활용하여 프로그램을 작성한다.
[12정과01-04] 다차원 배열을 활용하여 프로그램을 작성한다.
[12정과01-05] 순차, 선택, 반복 구조를 활용하여 프로그램을 작성한다.
[12정과01-06] 중첩 제어 구조를 활용하여 프로그램을 작성한다.
[12정과01-07] 함수를 정의하는 방법을 이해하고 문제 해결을 위해 필요한 함수를 모듈화하여 프로그램을 작성한다.
[12정과01-08] 변수의 적용 범위를 이해하고 효율적인 모듈화 프로그램을 작성한다.

(가) 학습 요소

- 변수와 상수, 연산자, 기본 자료형, 사용자 정의 자료형, 1차원 배열, 2차원 배열, 3차원 배열, 순차 구조, 선택 구조, 다중 선택 구조, 반복 구조, 중첩 제어 구조, 라이브러리 함수, 사용자 정의 함수, 재귀 함수, 전역변수와 지역변수, 변수의 적용 범위

(나) 성취기준 해설

- [12정과01-02] 다양한 연산자의 유형과 특징 및 사용 방법을 이해하고 이를 활용하여 수학, 과학 문제를 프로그래밍으로 해결할 수 있어야 한다.
- [12정과01-03] 기본 자료형의 속성과 활용 방법을 알고, 문제 해결에 적합한 자료형을 선택하여 프로그램을 작성할 수 있어야 한다. 또한 사용자 정의 자료형을 활용하는 프로그램을 작성할 수 있어야 한다.
- [12정과01-04] 동일한 형태의 자료들을 효율적으로 저장하고 활용하기 위해 배열을 사용할 수 있어야 하며, 문제 상황에 적합한 다양한 차원의 배열을 활용하여 프로그램을 작성할 수 있어야 한다.

- [12정과01-07] 프로그램의 생산성과 최적화를 위해 모듈화된 함수를 정의하는 방법을 이해하고, 문제 해결을 위해 필요한 함수를 활용하는 프로그램을 작성할 수 있어야 한다.
- [12정과01-08] 전역변수와 지역변수의 개념을 이해하고 변수의 적용 범위를 고려하여 효율적인 모듈화 프로그램을 작성할 수 있어야 한다.

(다) 교수·학습 방법 및 유의 사항

- 학습자의 수준에 적합한 텍스트 기반의 프로그래밍 언어를 선택하여 교수·학습을 전개한다.
- 사용할 텍스트 기반 프로그래밍 언어의 문법에 대한 학습을 최소화하고 수학, 과학 등 다양한 학문 분야의 문제 해결을 위한 프로그래밍 활동 중심으로 교수·학습을 전개한다.
- 프로그래밍에 대한 학습 동기를 유지하기 위해 학습 초기 단계에서는 학습자의 상황이나 수준을 고려하여 쉽게 해결 가능한 문제를 제시하고, 점진적으로 문제의 수준을 높여 제시한다.
- 프로그래밍 영역의 프로젝트 학습 시 학습자의 수준을 고려하여 적절한 과제를 선택하고 해결할 수 있도록 지도한다.
- 프로그래밍 언어의 선행 조직자를 제시하기 위해 중학교 또는, 고등학교의 '정보' 과목에서 학습한 프로그래밍 언어를 사용하여 문제를 해결하게 한 후 사용할 텍스트 기반 프로그래밍 언어로 구현해보는 방법을 적용할 수 있다.

(라) 평가 방법 및 유의 사항

- 프로그래밍 언어의 핵심 개념을 이해하고 문제 해결에 활용할 수 있는지를 확인하기 위해 과제 수행 과정을 관찰하여 평가한다.
- 형성평가를 통해 자료형, 함수, 변수의 영역 등과 같은 내용 요소의 개념과 필요성을 이해하고 있는지를 확인한다.
- 프로그래밍 영역의 프로젝트 학습 시 보고서 평가를 통해 과제 선정의 적합성에서부터 최종 산출물의 완성도까지 단계별로 평가한다.
- 프로그래밍 과제 평가 시 프로그램 자동 평가 시스템 등을 활용하여 평가의 효율을 높일 수 있다. 단, 프로그래밍 과정에서 발생한 오류에 대한 교정적 피드백을 제공하여 학습자가 프로그램을 수정·보완할 수 있도록 한다.

(2) 자료 처리

자료 처리 영역의 성취기준은 자료를 효율적으로 처리하는 방법을 이해하고 문제 해결에 활용하는 능력을 함양하는 데 중점을 두어 설정하였다. 자료 간의 관계를 구조화하고 정의하는 방법과 정렬, 탐색 등의 자료 처리 방법을 습득하고 프로그래밍을 통해 구현하는 것이 이 영역의 기본적인 학습 활동이다. 이러한 방법의 이해는 알고리즘, 컴퓨팅 시스템 영역에서의 문제 해결을 위해 필요한 선행과정

이다. 따라서 이 영역에서는 선형 및 비선형 자료구조의 개념과 원리, 다양한 정렬과 탐색 알고리즘의 효율성을 분석하고 이를 통해 문제 해결에 적합한 자료구조와 알고리즘을 선택하는 데 중점을 둔다.

[12정과02-01] 선형 자료구조의 종류와 특성을 이해하고 프로그래밍을 통해 구현한다.
[12정과02-02] 비선형 자료구조의 종류와 특성을 이해하고 프로그래밍을 통해 구현한다.
[12정과02-03] 다양한 정렬 알고리즘을 구현하고 효율성을 비교·분석한다.
[12정과02-04] 순차 탐색과 이진 탐색 알고리즘을 구현하고 효율성을 비교·분석한다.
[12정과02-05] 깊이 우선 탐색과 너비 우선 탐색 알고리즘을 구현하고 효율성을 비교·분석한다.

(가) 학습 요소

- 스택, 큐, 리스트, 트리, 그래프, 선택 정렬, 버블 정렬, 삽입 정렬, 퀵 정렬, 힙 정렬, 순차 탐색, 이진 탐색, 깊이 우선 탐색, 너비 우선 탐색

(나) 성취기준 해설

- [12정과02-01] 스택, 큐, 리스트와 같은 선형 자료구조의 개념과 특성을 비교할 수 있어야 한다. 또한 다양한 선형 자료구조를 프로그래밍을 통해 구현할 수 있어야 한다.
- [12정과02-03] 선택 정렬, 버블 정렬, 삽입 정렬, 퀵 정렬, 힙 정렬 같은 정렬 알고리즘의 개념과 특성을 비교·분석할 수 있어야 한다. 또한 다양한 정렬 알고리즘을 프로그래밍을 통해 구현할 수 있어야 한다.
- [12정과02-04] 순차 탐색과 이진 탐색 알고리즘의 개념과 특성을 비교·분석할 수 있어야 한다. 또한 탐색 알고리즘을 프로그래밍을 통해 구현할 수 있어야 한다.

(다) 교수·학습 방법 및 유의 사항

- 선형 자료구조와 비선형 자료구조에 대한 이해를 바탕으로 문제 상황에 적합한 자료구조를 선택하고 그 이유에 대해 토론하도록 한다.
- 프로젝트 학습을 통해 대표적인 정렬 및 탐색 알고리즘의 특징을 비교·분석하도록 한다.
- 복잡한 문제에 대해서는 모둠별 프로젝트 학습을 통해 효율적인 정렬 및 탐색 알고리즘을 선택하여 텍스트 기반 프로그래밍 언어로 구현하도록 한다.

(라) 평가 방법 및 평가 유의 사항

- 토론 과정의 관찰을 통해 선형 자료구조와 비선형 자료구조의 특성을 이해하였는지 평가한다.
- 산출물 평가를 통해 정렬과 탐색 알고리즘의 개념과 특성, 필요성을 이해하였는지 평가한다.
- 프로젝트 수행 과정의 관찰을 통해 문제를 해결하는 과정에서 효율적인 자료구조나 알고리즘을

선택하여 프로그램으로 구현하였는지 평가한다.

(3) 알고리즘

알고리즘 영역의 성취기준은 다양한 학문 분야의 복잡한 문제를 해결하기 위해서 효율적인 알고리즘을 설계하고 구현하는 데 중점을 두어 설정하였다. 문제와 알고리즘의 특성을 분석하는 방법과 탐색 기반 및 관계 기반의 알고리즘을 설계하는 방법을 습득하고 프로그래밍을 통해 구현하는 것이 이 영역의 기본적인 학습 활동이다. 따라서 이 영역에서는 계산의 관점에서 문제를 분석하고 알고리즘의 효율성을 분석한다. 또한 탐색 기반, 관계 기반 알고리즘을 적용한 문제 해결에 중점을 둔다.

[12정과03-01] 문제를 계산 가능 문제와 불가능 문제로 나누고, 계산 가능 문제는 결정 문제, 탐색 문제, 계수 문제, 최적해 문제 등으로 분류한다.
[12정과03-02] 알고리즘을 자연어, 의사코드 등으로 표현하고 알고리즘의 수행시간을 측정하여 다양한 표기법을 이용하여 나타낸다.
[12정과03-03] 전체 탐색 방법을 이용하여 문제를 해결하는 알고리즘을 설계하고 프로그래밍을 통해 구현한다.
[12정과03-04] 탐욕(욕심쟁이) 알고리즘을 이용하여 전체 탐색 방법의 효율을 높일 수 있는 알고리즘을 설계하고 프로그래밍을 통해 구현한다.
[12정과03-05] 분기한정 알고리즘을 이용하여 전체 탐색 방법의 효율을 높일 수 있는 알고리즘을 설계하고 프로그래밍을 통해 구현한다.
[12정과03-06] 관계기반 알고리즘을 이해하고 전체 문제와 부분 문제의 재귀적 관계를 정의한다.
[12정과03-07] 하향식 동적 계획법을 이용한 알고리즘을 설계하고 프로그래밍을 통해 구현한다.
[12정과03-08] 상향식 동적 계획법을 이용한 알고리즘을 설계하고 프로그래밍을 통해 구현한다.

(가) 학습 요소

- 문제의 분류, 알고리즘 성능 분석, 알고리즘 복잡도, 알고리즘 수행 시간, 선형 전체 탐색, 비선형 전체 탐색, 탐욕(욕심쟁이) 알고리즘, 분기한정 알고리즘, 문제 분해, 관계 정의, 재귀적 관계, 하향식 동적 계획법, 메모이제이션, 상향식 동적 계획법

(나) 성취기준 해설

- [12정과03-03] 해가 될 수 있는 대상들 중에서 주어진 조건을 만족하는 해를 탐색함으로써 탐색 기반 알고리즘의 특성과 설계 방법을 이해하고 프로그래밍을 통해 구현할 수 있어야 한다.
- [12정과03-04] 전체 탐색 방법의 효율을 높이기 위해서는 자료 간의 관계를 단순화하는 탐욕(욕심쟁이) 알고리즘을 설계하고 프로그래밍을 통해 구현할 수 있어야 한다.
- [12정과03-05] 전체 탐색 방법의 효율을 높이기 위해서는 탐색 경험을 바탕으로 탐색 공간의 크

기를 줄이는 분기한정 알고리즘을 설계하고 프로그래밍을 통해 구현할 수 있어야 한다.

- [12정과03-06] 주어진 문제를 전체 문제와 부분 문제로 분해하고 이들 간의 재귀적 관계를 이용하여 문제를 해결하는 관계 기반 알고리즘의 특성과 설계 방법을 이해하고 프로그래밍을 통해 구현할 수 있어야 한다.
- [12정과03-07] 전체 문제와 부분 문제 간의 재귀적 관계를 바탕으로 효율적으로 문제를 해결하는 하향식 동적 계획법과 메모이제이션(memoization) 방법을 이용하여 알고리즘을 설계하고 프로그래밍을 통해 구현할 수 있어야 한다.
- [12정과03-08] 전체 문제와 부분 문제 간의 재귀적 관계를 바탕으로 효율적으로 문제를 해결하는 상향식 동적 계획법을 이용하여 알고리즘을 설계하고 프로그래밍을 통해 구현할 수 있어야 한다.

(다) 교수·학습 방법 및 유의 사항

- 문제 중심 학습을 통해 알고리즘 설계 기법의 개념과 필요성에 대해 정확하게 이해하고, 이를 바탕으로 실제 문제를 해결할 수 있도록 한다.
- 문제 해결 과정에서 학습자의 동기를 유발하기 위해 학습자의 환경 및 수준에 적합한 문제 상황을 제시한다.
- 공개용 소프트웨어나 오픈 소스 통합 개발 환경을 선택함으로써 교수·학습 활동에 학습자의 접근성을 높일 수 있도록 한다.
- 자기주도적 학습과 수준별 학습이 용이하도록 프로그램 자동 평가 시스템을 적극 활용한다.

(라) 평가 방법 및 유의 사항

- 질의응답 및 형성 평가 등을 통해 탐색 기반 알고리즘과 관계 기반 알고리즘의 설계 기법에 대한 개념 및 필요성을 정확하게 이해하였는지 평가한다.
- 토론 및 발표 과정을 관찰함으로써 알고리즘의 효율을 수행 시간의 관점에서 정확한 표기법을 이용하여 비교·분석하였는지 평가한다.
- 수학, 과학 등 다양한 학문 분야의 문제 해결 과제를 제시하고, 학습자가 효율적인 알고리즘 설계 기법을 적용하여 해결하였는지 평가한다.
- 프로그램 자동 평가 시스템을 적용할 때는 학습자가 개발한 프로그램의 수행 시간, 소스 코드의 길이 등을 종합적으로 평가한다.

(4) 컴퓨팅 시스템

컴퓨팅 시스템 영역의 성취기준은 컴퓨팅 시스템의 구성 및 동작 원리를 이해하고 실생활의 문제를 해결할 수 있는 창의적 컴퓨팅 시스템을 구현하는 데 중점을 두어 설정하였다. 시뮬레이션 프로그램을

개발하고, 피지컬 컴퓨팅 시스템을 구현하는 방법을 습득하는 것이 이 영역의 기본적인 학습 활동이다. 따라서 이 영역에서는 근사, 난수, 시각화 등의 시뮬레이션 프로그램을 개발하고 마이크로컨트롤러와 입·출력 장치를 사용하여 피지컬 컴퓨팅 시스템을 구현함으로써 다양한 융합 문제들을 창의적으로 해결하는 데 중점을 둔다.

[12정과04-01] 문제 해결을 위한 시뮬레이션 프로그램을 설계한다.
[12정과04-02] 문제 해결을 위한 시뮬레이션 프로그램을 구현한다.
[12정과04-03] 문제 해결을 위한 피지컬 컴퓨팅 시스템을 설계하고 구성한다.
[12정과04-04] 피지컬 컴퓨팅 시스템을 제어하기 위한 프로그램을 구현한다.

(가) 학습 요소

- 근사, 난수, 시각화, 시뮬레이션 프로그램, 마이크로컨트롤러, 입·출력 장치, 피지컬 컴퓨팅 시스템의 구성, 제어 프로그램 작성, 피지컬 컴퓨팅 시스템 개발

(나) 성취기준 해설

- [12정과04-01] 실세계 및 다양한 학문 분야의 복잡한 문제들을 해결하기 위해서는 컴퓨팅 시스템의 계산 능력에 기반한 시뮬레이션 방법을 이해할 수 있어야 한다. 이를 위해 근사, 난수, 시각화의 개념을 이해하고 이를 활용하여 시뮬레이션 알고리즘을 설계할 수 있어야 한다.
- [12정과04-03] 실세계 및 다양한 학문 분야의 융합 문제들을 해결하기 위해서는 피지컬 컴퓨팅 시스템을 설계할 수 있어야 한다. 따라서 문제 해결을 위해 적합한 마이크로컨트롤러와 다양한 입·출력 장치를 선택하고 피지컬 컴퓨팅 시스템을 구성할 수 있어야 한다.
- [12정과04-04] 컴퓨팅 시스템을 구성한 후 실제로 문제를 해결하기 위해서는 하드웨어 장치를 제어할 수 있는 프로그램을 작성하고, 이를 통해 피지컬 컴퓨팅 시스템을 구현할 수 있어야 한다.

(다) 교수·학습 방법 및 유의 사항

- 시뮬레이션 영역의 교수·학습을 전개할 때는 시각화의 구현이 용이한 텍스트 기반의 프로그래밍 언어와 통합 개발 환경을 활용한다.
- 다양한 수치해석 기법 등을 활용하여 근사, 난수 알고리즘에 대한 교수·학습을 전개한다.
- 피지컬 컴퓨팅 영역의 교수·학습을 전개할 때는 학교의 상황과 학습자의 수준에 맞는 교구를 선택하여 활용할 수 있도록 한다.
- 마이크로컨트롤러와 다양한 입·출력 장치를 사용하여 학습자 스스로 컴퓨팅 시스템을 구성하고 제어 프로그램을 구현하도록 한다.

- 피지컬 컴퓨팅 구성 및 구현 과정에서 문제 해결의 효율을 높이기 위해 선택한 방법들을 발표와 토론을 통해 공유할 수 있도록 한다.
- 컴퓨팅 시스템의 설계와 구현을 위한 프로젝트 학습에서는 다양한 자료를 자기 주도적으로 찾아 활용할 수 있도록 한다.

(라) 평가 방법 및 유의 사항

- 프로젝트 수행과정을 관찰하고 보고서를 평가하여 산출물뿐만 아니라 문제 해결 과정에 대한 평가가 종합적으로 이루어지도록 한다.
- 시뮬레이션 구현을 통한 문제 해결 과정을 평가하는 경우에는 발표 및 토론 과정을 관찰하고 다양한 시뮬레이션 알고리즘을 비교·분석하여 보다 효율적인 알고리즘을 선택하였는지에 중점을 둔다.
- 문제 해결을 위해 학습자가 구현한 피지컬 컴퓨팅 시스템을 평가하는 경우에는 동작 수행의 정확성과 더불어 하드웨어 구성과 설계의 창의성과 효율성에 중점을 둔다.

4. 교수·학습 및 평가의 방향

가. 교수·학습 방향

(1) 컴퓨팅 사고력을 기반으로 실생활의 복잡하고 다양한 문제를 해결할 수 있는 역량을 기를 수 있도록 교수·학습을 설계한다.

(2) 단순한 내용 요소의 나열과 이에 대한 암기를 지양하고, 학습 요소에 대한 정확한 이해를 바탕으로 심화된 탐구 학습이 이루어질 수 있도록 지도한다.

(3) 내용 요소별 핵심 개념 및 원리를 안내한 후 학습자가 새로운 문제 상황에서 핵심개념과 원리를 적용하여 문제를 해결해 볼 수 있는 풍부한 기회를 제공하도록 한다.

(4) 교과 내에서의 영역 간 연계성, 중·고등학교 정보 과목 간 연계성, 타 교과와의 연계성까지 고려한 학습 경험이 가능하도록 교수·학습 활동을 구성하되, 융합적 문제 해결 능력을 함양할 수 있도록 타 교과의 다양한 문제들을 활용한다.

(5) 학습자의 수준과 진로 방향을 고려한 탐구 활동이나 프로젝트를 제시하여 학습자의 꿈과 재능이 발휘될 수 있도록 한다.

(6) 학습자의 발달 단계 및 수준에 적합한 문제와 알고리즘을 예시로 활용하고, 학습자 간 개인차를 고려하여 동료 간 코칭이나 팀 티칭 등의 방법을 적극 활용한다.

(7) 정렬과 탐색에 대한 다양한 알고리즘의 효율성 분석이나 알고리즘 설계 기법과 시뮬레이션 기법

의 장단점 분석은 학습자 스스로가 이해하고 비교·분석할 수 있도록 토론을 유도한다.

(8) 프로그래밍과 피지컬 컴퓨팅 시스템 구현을 지도할 때는 의사소통능력, 창의·융합적 사고능력, 정보처리능력을 함양할 수 있도록 문제 해결 중심의 협력적 프로젝트 수행에 중점을 둔다.

나. 평가 방향

(1) 컴퓨팅 사고력을 실생활이나 학문간 융합적 맥락 속에서 적용할 수 있는가에 초점을 두어 평가한다.

(2) 컴퓨팅 사고력과 협력적 문제해결력의 평가 항목은 각 역량의 하위 요소를 기반으로 구체화한다.

(3) 학습자의 수준을 파악하고 교수·학습 설계에 반영할 수 있도록 형성평가를 적극 활용한다.

(4) 모둠별 탐구 활동의 성과물에 대한 평가뿐만 아니라 협업 및 발표, 토론 수행 등의 전 과정에서 합리적이고 객관적인 평가가 이루어질 수 있도록 평가 기준과 구체적인 체크리스트를 마련하고 교사 평가뿐만 아니라 동료 평가, 자기 평가를 위한 도구로 활용한다.

(5) 학습 내용의 정확한 이해를 바탕으로 학습자가 스스로 지식을 구조화하였는지 평가하기 위해 질의응답 및 퀴즈 등의 평가방법을 활용한다.

(6) 영역별 종합적인 탐구 과제나 프로젝트를 제시하여 협업을 통한 창의적인 문제 해결 능력과 의사소통능력을 평가한다.